DIE NATURWISSENSCHAFTEN

23. Jahrgang | 15. Februar 1935 | Heft 7

Die Überlegenheit der Wirbeltiere[1].

Von R. Hesse, Berlin.

Mit der Scheidung der Tierwelt in Wirbeltiere und Wirbellose hat Lamarck seinen tiefen Einblick in das Wesen der tierischen Organisation bekundet. Streng morphologisch zwar ist diese Scheidung nicht haltbar; denn sie trennt die verwandten Manteltiere von den Wirbeltieren, die jetzt mit ihnen in dem Stamm der Chordaten mit Recht vereinigt werden. Aber sie ist deshalb nicht bedeutungslos. Wenn wir die Tierwelt funtionell, nach ihren Leistungen, betrachten, so wird durch diese Einteilung jene tiefe Kluft gekennzeichnet, die die Wirbeltiere von der übrigen Tierwelt trennt. Der Bauplan der Wirbeltiere, der durch die ganze Reihe in bemerkenswerter Gleichmäßigkeit durchgeführt ist, steht allen übrigen tierischen Bauplänen eigenartig gegenüber und überragt sie an Leistungsfähigkeit; die Wirbeltiere sind allen anderen überlegen. Als jüngstes Glied erscheinen sie in der Geschichte der Tierwelt erst zu einer Zeit, als alle übrigen Tierstämme schon in ihren Hauptausprägungen vorhanden waren, als alle Lebensräume schon besetzt waren. In ununterbrochenem Siegeszuge entwickeln sie sich von der Silurepoche an in ständig zunehmender Mannigfaltigkeit; wenn ein Zweig im Kampf ums Dasein unterlag und verschwand, so war es die Konkurrenz anderer Wirbeltiergruppen, die ihn ausschaltete. Ihre Überlegenheit haben sie auch bis in die Jetztzeit siegreich bewahrt.

Diese Überlegenheit der Wirbeltiere über die Wirbellosen zeigt sich in ihrem Konkurrenzerfolg einerseits, in ihren Höchstleistungen andererseits. Der Konkurrenzerfolg besteht in dem erfolgreichen Eindringen des neuen Stammes in die schon festgefügten Lebensgemeinschaften der Wirbellosen. Im einzelnen sei vor allem darauf hingewiesen, daß die Fische im Mesozoikum den Cephalopoden die Herrschaft der Meere abringen konnten; von diesem früheren Herrschergeschlecht überleben jetzt nur noch 570 Arten, ein trauriger Rest im Vergleich zu ihrer einstigen Formenfülle. Auf dem Lande herrschen die Wirbeltiere gegenüber den Insekten, die durch ihre unerreichte Fülle von Ordnungen, Gattungen, Arten, Individuen — sie stellen drei Viertel aller lebenden Tierarten — ihre Lebensfähigkeit erweisen. Kaum je erliegt ein Wirbeltier auf dem Lande den Raubangriffen von Wirbellosen, es sei denn dem tückischen Treiben der Schmarotzer; wohl aber bilden Insekten für sehr viele Wirbeltiere die ausschließliche Nahrung.

Noch einwandfreier zeigt sich das Übergewicht der Wirbeltiere in ihren Höchstleistungen. Ganz auffällig sind diese hinsichtlich des Größenwachstums. Kein Wirbelloser kann darin mit den Wirbeltieren wetteifern. Bedeutende Ausmaße haben nur die Tintenfische erreicht, die ja überhaupt in Organisationshöhe den Wirbeltieren am nächsten kommen: Die Schale des Riesenammoniten *Pachydiscus* mißt 2,5 m im Durchmesser, und die riesigen *Architheutis* unserer Meerestiefen erreichen eine Rumpflänge von 3 m. Das besagt wenig gegenüber so gewaltigen Größen, wie sie Wasserwirbeltiere, z. B. Riesenhaie *(Carcharodon)* mit 13 m Länge, Wale mit 30 m Länge und 1500 Doppelzentnern Gewicht, aufweisen; auch Luftwirbeltiere übertreffen sie bei weitem: Die Sauropoden der Kreidezeit erreichten Längen von über 20 m, die Riesenvögel Madagaskars und Neuseelands wurden 3,5 m hoch, und unsere Elefanten und Nashörner sind mit einem Gewicht bis zu 25 Doppelzentnern Riesen, die alle luftbewohnenden Wirbellosen weit hinter sich lassen. Die wesentliche Leistung an solchem Größenwachstum besteht darin, daß die große Zahl der Zellen eines solchen Tierkörpers durch Teilung einer einzigen Zelle, der befruchteten Eizelle, aufgebracht wird. Eine annähernde Berechnung ergibt, daß ein Mensch, der im 70. Lebensjahr stirbt, etwa 18000 Billionen Zellen verbraucht hat; unter vergleichbaren Verhältnissen würde das für einen Elefanten das 33fache, also 700000 Billionen, ausmachen. Allerdings genügen 54 bzw. 60 Teilungsschritte der Eizelle, um diese großen Zellenzahlen zu liefern.

Höchstleistungen können wir auch in der Summe der Lebensarbeit sehen, die von vielen Wirbeltieren geleistet wird und an die kein Wirbelloser heranreicht. Es ist nicht schlechthin die Lebensdauer, die hierfür in Betracht kommt, sondern die Lebensdauer multipliziert mit den Stoffwechselleistungen. Ein Lebensalter von 100 Jahren ist für viele Vögel (Raubvögel, Raben, Gänse, Papageien) sicher verbürgt; für Riesenschildkröten nimmt man sogar 200—300 Jahre Lebensdauer an; unter den Säugern scheint der Elefant 100 Jahre zu erreichen und zu überschreiten; für manche Fische ist eine Lebensdauer von 100 Jahren recht wahrscheinlich. Nur selten finden wir bei Wirbellosen ein so langes Leben. Von Seerosen weiß man, daß sie gegen 70 Jahre erreichen; ein Bärtierchen kann vielleicht ebenso alt werden, und manche Muscheln, z. B. die Flußperlmuschel, kommen wohl selbst auf 100 Jahre. Aber wieviel geringer ist die Gesamtleistung einer

[1] Genehmigter Abdruck aus den Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., **1933**, IV, 153—163.

solchen Muschel oder gar eines Bärtierchens, das bei einer Lebensdauer von 67 Jahren nur 20 Monate lebenstätig ist und die übrige Zeit in Trockenstarre liegt, im Vergleich zu der eines gleich alten Vogels oder eines Menschen! Welche riesigen Bewegungsleistungen verrichtet doch ein Storch in seinem Leben von 70 Jahren schon damit, daß er jährlich zweimal die Strecke zwischen seiner Heimat und seinem Winterquartier zurückliegt; das ist während seines Lebens 140000 km Flugleistung nur für Herbst- und Frühjahrszug! Dagegen verschwindet überhaupt die gesamte Lebensleistung einer gleich alten Aktinie oder Perlmuschel.

Bei den Wirbeltieren finden wir schließlich auch Höchstleistungen der nervösen Organisation. Nur wenige Wirbellose erheben sich darin zu einer Höhe, die mit Leistungen von Wirbeltieren überhaupt vergleichbar ist. Die staatenbildenden Hymenopteren zeichnen sich durch hohe Entwicklung ihrer Instinkte, manche Tintenfische durch modifizierbares Verhalten beim Beutefang aus. Aber was besagen solche Leistungen gegenüber der von Stufe zu Stufe gesteigerten Ausbildung des Seelenlebens bei den Wirbeltieren, zunächst im Wettbewerb um die Nahrung und im Geschlechtsleben, aber in stets erweitertem Umfang bis zu den höheren Säugern, in höchster Entfaltung bei dem Großhirnspezialisten, dem Menschen. Im einzelnen ist freilich eine Abschätzung schwierig. Über die relative Größe der Nervenzentren sind uns bei den Wirbellosen ebenso wie bei den niederen Wirbeltieren zu wenige zahlenmäßige Angaben bekannt, um einwandfreie Vergleiche anzustellen. Immerhin ist es lehrreich, die Dauerhaftigkeit der Dressurengramme bei Wirbellosen und Wirbeltieren zu vergleichen. Eine Dressur mit Hilfe von Fütterung haftet bei einem Schwimmkäfer selten mehrere Stunden, reicht aber nie für den ganzen Tag. Bei Libellenlarven erwies sie sich für höchstens 3 Tage wirksam; bei der Biene ist die Dressur auf einen Duftstoff noch nach 10 Tagen nachweisbar; Ellritzen aber behalten Tondressuren nahezu 1 Jahr im Gedächtnis.

Das alles sind nur Entwicklungsmöglichkeiten bei den Wirbeltieren; wenn sie auch bei weitem nicht für alle Arten in gleichem Maße zutreffen, so zeigen sie doch, was für hohe Werte in dieser Tiergruppe verwirklicht werden können. Die Grundlage für solche erfolgreiche Entwicklung bildet der eigenartige Bauplan im weitesten Sinne, der dem Wirbeltierkörper zugrunde liegt. Es ist eine ganze Reihe von Einzelheiten fortgeschrittener Organisationsverhältnisse, in denen sich die Wirbeltiere von den Wirbellosen grundsätzlich unterscheiden.

Als erster Punkt sei der Zellhaushalt der Wirbeltiere genannt. Wenn auch die Wirbeltiere meist über wesentlich mehr Körperzellen verfügen als die Wirbellosen, so sind sie doch sparsam in der Verwendung ihrer Zellen. Vor allem gilt das für das Drüsengewebe. Bei den Wirbellosen sind die Drüsen vorwiegend holokrin, d. h. die Drüsenzellen verzehren sich durch ihre sekretorische Tätigkeit, sie haben nur eine kurze Lebensdauer. Am besten ist uns das für die Insekten bekannt. Bei den Honigbienen können die Futterdrüsen der Arbeiterinnen, die den Futtersaft zur Atzung der Larven liefern, nur 10 Tage lang funktionieren, dann sind sie erschöpft; die gleiche Lebensdauer haben die Wachsdrüsen, die den kostbaren Baustoff der Bienen liefern. Die Verdauungsfermente werden bei vielen Insekten durch den Zerfall der Zellen des Mitteldarmepithels gebildet, das sich von Wucherungsstellen aus wieder ergänzt. Auch bei Wirbeltieren gibt es einzelne Drüsen solcher Art, z. B. die Schleimzellen der Fischhaut, die Schleim- und Giftdrüsen der Amphibien oder die Talgdrüsen der Säugetiere. Aber die überwiegende Mehrzahl der Drüsen ist merokrin, ihre Zellen sind langlebig, vor allem die Drüsen des Verdauungskanals, Speicheldrüsen, Magendrüsen und Bauchspeicheldrüse. Das gleiche gilt für die Knäueldrüsen der Säugerhaut. Jede einzelne Drüsenzelle liefert nur einen kleinen Beitrag zur Gesamtausscheidung und erhält sich dabei lange Zeit, vielleicht lebenslang, arbeitsfähig, weil sie sich in der Zwischenzeit zwischen den Sekretionsphasen hinreichend erholen kann. Dafür ist aber in solchen Drüsenorganen eine weit größere Zellenzahl in den Dienst gestellt als bei Wirbellosen, und alle Wandzellen des Drüsenlumens sind sezernierende Zellen — homogene Drüsenepithelien im Gegensatz zu den gemischten Drüsenepithelien mit eingestreuten indifferenten Zellen, wie sie bei Wirbellosen weitaus vorherrschen. — An anderen Stellen gehen freilich auch viele Zellen zugrunde, wie die verhornenden Zellen der Epidermis oder wie die roten Blutzellen, die beim Menschen nur ein Alter von 50 Tagen erreichen, also im Jahreslauf 7mal erneuert werden. Aber auch hier ist es eine sparsame Ausnutzung eines beschränkten Grundstocks, der aufs äußerste aufgeteilt werden kann, weil die Endprodukte seiner Teilung keine *aktive* Funktion mehr haben.

Sparsam ist bei manchen Wasserwirbeltieren und durchweg bei den Luftwirbeltieren auch die Fortpflanzung. Die Erhaltung der Art wird hier nicht durch eine große Zahl von Eiern bzw. Nachkommen gesichert, die sich selbst überlassen bleiben und daher zum großen Teil ihr Ziel nicht erreichen; vielmehr wird eine beschränkte Eizahl durch Brutpflege der Eltern ihrem Ziele ohne große Verluste zugeführt, d. h. dadurch, daß Körperzellen, sei es des Ernährungssystems, sei es des Muskel- und Nervensystems, für sie tätig sind. Bei Wirbellosen ist dies viel seltener der Fall und findet sich vor allem auf den Höchststufen ihrer Ausbildung, bei den staatenbildenden Insekten (Termiten, Ameisen, Wespen, Bienen).

Bei der Entwicklung der Wirbeltiere wird die volle Zahl der aus dem Ei hervorgehenden Zellen, abgesehen von den Keimzellen, durch Arbeitsteilung differenziert und in den Dienst der Lebensarbeit gestellt. Es bleibt nicht, wie bei so vielen

Wirbellosen, ein großer Stapel indifferenter, leistungsfähigster Zellen unbeteiligt an der Lebensarbeit, als Imaginalscheiben zum normalen Ersatz ganzer Organe, oder als Material für ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Knospung und Teilung oder als Reserven zum Ersatz zufällig verlorener Körperteile. Das Leben ohne Rückhalt einer Versicherung verliert eben bei der hohen Leistungsfähigkeit der Wirbeltierorganisation das lähmende Risiko.

Eine grundlegende Bedingung für das Gedeihen vielzelliger Tiere ist die ausgiebige Entgiftung des Körpers. Einzellige Lebewesen haben im Verhältnis zu ihrer Masse eine sehr große Oberfläche, durch die ihre Stoffwechselprodukte nach außen diffundieren können. Bei den Nesseltieren mit nur 2 Keimblättern grenzen alle Zellen, die an den Lebensäußerungen wesentlich beteiligt sind, an das umgebende Wasser, teils an der Hautoberfläche, teils an den für das freie Wasser zugänglichen Darmraum; die Zellen der Stützlamelle können beim Fehlen lebhafter Funktion mit geringem Stoffwechsel auskommen. Wo sich aber zwischen Integument und Darmepithel noch die großen, funktionsreichen Zellmassen des mittleren Keimblatts einschieben, vor allem Muskulatur und große Drüsen, da können deren Stoffwechselprodukte nicht unmittelbar nach außen entleert werden; es müssen also Ausfuhreinrichtungen vorhanden sein, die jene Lebensschlacken bald aufnehmen und nach außen befördern, damit sie nicht auf ihren Diffusionswegen andere Zellen schädigen; denn die Stoffwechselprodukte sind für das Protoplasma giftig. Je kürzer die Diffusionsstrecken bis zur Kanalisation sind, um so weniger Schaden können jene Gifte anrichten, um so wirksamer ist die Entgiftung des Körpers. Wie die moderne Hygiene durch Kanalisationseinrichtungen das Zusammenleben vieler Menschen auf engem Raum ermöglicht und die Lebensdauer des einzelnen verlängert, so vermindern die Entgiftungsvorrichtungen des Körpers die Schädigungen des Zusammenlebens vieler Zellen und erhöhen deren Dauerfähigkeit. Die diffuse Verteilung von Nierenkanälchen im Körper niederer Würmer ist, bei der langsamen Beförderung der Exkretstoffe in ihnen, nur ein mangelhafter Behelf. Weit wirksamer ist es, wenn bewegte Körperflüssigkeit, „Blut", die Stoffwechselprodukte aufnimmt und schnell zu den Ausscheidungsstellen (Nieren) bringt. Je enger die feinsten Blutbahnen angeordnet sind, die das Kanalisationsnetz des Körpers bilden, um so mehr wird die langsame Diffusionsbewegung der Exkretstoffe abgekürzt, um so bälder beginnt die blitzschnelle Beförderung im Blut durch den Muskeldruck des Herzens. Die Durchsetzung der Körpergewebe mit kapillaren Blutbahnen ist nur bei wenigen Wirbellosen vorhanden und dort nicht annähernd so günstig wie bei den Wirbeltieren; die langsame Durchmischung der Leibeshöhlenflüssigkeit und die träge Bewegung des Blutes in weiten Spalträumen (Sinussen) sind demgegenüber nur eine Vorstufe von wesentlich geringerer Leistungsfähigkeit. Nur bei manchen Ringelwürmern und bei den Tintenfischen erreichen sie eine gewisse Vollkommenheit, stehen aber weit hinter den Dränageeinrichtungen des Wirbeltierkörpers zurück. Außerordentlich dicht ist das Kapillarnetz bei den Wirbeltieren in der Muskulatur, dem ausgiebigsten Erzeuger von Exkretstoffen. Beim Frosch beträgt hier die Entfernung zwischen 2 Nachbarkapillaren 56 μ, also die maximale Diffusionsstrecke 28 μ ($^1/_{36}$ mm); beim Pferd ist sie 15 μ ($^1/_{66}$ mm), beim Menschen 13 μ ($^1/_{77}$ mm), beim Hund 11 μ ($^1/_{90}$ mm).

Wie wichtig die Entfernung der Stoffwechselprodukte ist, das zeigen die Versuche, lebende Gewebsstückchen von Embryonen auf einem sterilen Nährboden aus dem Blutserum und Embryonalextrakt zu züchten. Ein solches Explantat wächst lebhaft unter Teilung der Zellen; aber bei aller Vorsicht kann man es höchstens 25—30 Tage am Leben erhalten; dann erliegt es der Einwirkung seiner eignen Stoffwechselprodukte. Wenn man dagegen je nach 3—4 Tagen ein Stückchen von dem durch Wachstum vergrößerten Explantat abschneidet und auf frischem Nährboden steril weiterzüchtet und so die Vergiftung vermeidet, dann gelingt es, diese Zuchten lange am Leben zu erhalten. CARREL hat im Februar 1912 eine Gewebekultur von Fibroblasten aus dem Herzen eines 8tägigen Hühnerembryos angesetzt und unter beständiger Umpflanzung gepflegt; sie lebt noch jetzt, nach mehr als 20 Jahren, und ist schon älter, als das Huhn günstigstenfalls geworden wäre, und es ist nicht abzusehen, wann das ein Ende haben wird. Eine so vollkommene Entgiftung wie bei diesen nicht arbeitenden Gewebekulturen ist bei den tätigen Zellen eines vielzelligen Körpers unmöglich. Früher oder später erschöpft sich im vielzelligen Tier die Teilungsfähigkeit der Zellen, wie wir das bei alten Menschen an mangelndem Wachstum der Nägel und Haare, an mangelndem Nachschub von Hornschüppchen der Oberhaut, an verzögerter Heilung von Wunden und Knochenbrüchen erkennen. Die alten Zellen sind abgenutzt und können sich nicht mehr teilen; das Aufhören der Leistungsfähigkeit der Zellen ist die Ursache des natürlichen Todes.

Aber auch das Blut muß ständig gereinigt werden. Denn aus den Blutgefäßen sickert fortwährend Blutflüssigkeit durch die Kapillarwände in die Gewebe und durchsetzt als Lymphe den Körper, gibt dort Stoffe ab und nimmt andere auf und kehrt schließlich in veränderter Beschaffenheit durch die Lymphbahnen wieder in den Blutkreislauf zurück. Die Lymphe bildet das innere Medium, in dem die Körperzellen leben, und dieses darf nicht Stoffwechselprodukte aus dem Blut übernehmen. In der ganzen Reihe der Tiere mit mittlerem Keimblatt sind Nierenorgane vorhanden, die dem Blute die Exkretstoffe entziehen und sie nach außen befördern. Die Leistungsfähigkeit der Nieren ist von größter Bedeutung

für den Tierkörper. Nirgends aber ist zunehmende Verbesserung der Nieren im Laufe der Stammesgeschichte so sicher verbürgt wie bei den Wirbeltieren. Die Aufeinanderfolge verschiedener Nierengenerationen in der Embryonalentwicklung bezeugt, daß hier wiederholt ein vollkommeneres Nierenorgan an die Stelle des vorhergegangenen getreten ist. Bei den Urwirbeltieren war wohl dauernd eine Vorniere vorhanden, wie sie noch bei dem verwandten Amphioxus besteht. In der Entwicklung der heutigen Wirbeltiere werden wenige Vornierenkanälchen in den vordersten Teilen der Leibeshöhle gebildet; ihnen folgt nach hinten die Urniere, die durch ihre engeren Beziehungen zum Kapillarnetz (Glomerulus!), durch die größere Zahl der Nierenkanälchen im Segment und durch deren bedeutendere Länge und vergrößerte Oberfläche sich der Vorniere überlegen zeigt. Bei Fischen und Amphibien bleibt die Urniere lebenslang in Tätigkeit. Einen weiteren Fortschritt bedeutet der Ersatz der Urniere schon im embryonalen Leben durch die Nachniere, in der wiederum die Zahl und Länge der Nierenkanälchen vergrößert und damit die Leistung gesteigert ist; sie bildet bei Reptilien, Vögeln und Säugern das bleibende Nierenorgan der Erwachsenen. Die restlose Entfernung der Exkretstoffe aus dem Körper ist bei den Wirbeltieren weitergediehen als bei den meisten Wirbellosen; Anhäufung unschädlich gemachter Exkrete in Form von Speichernieren, wie es bei manchen Mollusken und bei Insekten (hier im Fettkörper) vorkommt, sind bei Wirbeltieren nicht vorhanden.

Einen gewaltigen Fortschritt in der Entgiftung des Körpers, der bei den Wirbellosen seinesgleichen nicht hat, bedeutet der Besitz der Leber. Die Bedeutung dieses Organs besteht darin, daß es das innere Medium der Körpers in gleichmäßiger Zusammensetzung erhält. Diese Leistung zerfällt in eine Anzahl von Teilfunktionen. Hier in der Leber werden die schädlichen primären Stoffwechselprodukte, wie sie aus dem tätigen Körper, besonders den arbeitenden Muskeln kommen, zu indifferenten Stoffen wie Harnstoff und Harnsäure umbaut, die dann den Nieren zur Ausscheidung zugeführt werden. Hier werden schädliche Stoffe, z. B. Metallsalze, festgehalten. Hier werden dem Blut je nach Bedarf nutzbare Stoffe (Kohlehydrate, Fett), die gerade im Überfluß darin sind, entzogen und gespeichert oder, wenn sie fehlen, aus den Vorräten zugeführt. Dadurch werden ähnliche Bedingungen geschaffen, wie sie durch die Hand des Experimentators im CARRELschen Dauerexplantat hergestellt werden: dauernd gleichmäßiges, nährstoffhaltiges, schädigungsfreies Medium. Kein Wunder, daß in der Leber eines Säugetiers jeweils ein Viertel der gesamten Blutmenge enthalten ist.

Ein weiteres Arbeitsfeld, wo der Bauplan der Wirbeltiere in seiner Leistung weit über das hinausgeht, was von den Wirbellosen geleistet wird, ist die Ausnutzung der Nahrung. Nirgends sonst, mit alleiniger Ausnahme mancher Mollusken, besonders der Tintenfische, sind für die Erzeugung verdauender Sekrete gesonderte Darmanhänge mit ausschließlicher Drüsenfunktion vorhanden, wie es die Fundusdrüsen des Magens und vor allem die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) sind. Überall sind die fermentliefernden Zellen zwischen den resorbierenden Darmzellen verstreut, wie das auch noch in beschränktem Maße für den Dünndarm der Wirbeltiere gilt. Die Mitteldarmsäcke der Mollusken und Arthropoden sind keine reinen Drüsen, sondern lediglich Vergrößerungen der Darmoberfläche durch Ausstülpung, in denen nebeneinander Sekretion und Resorption stattfinden, unter entgegengesetzter Bewegungsrichtung der ein- und austretenden Stoffe. Erst bei den Wirbeltieren wird die örtliche Arbeitsteilung zwischen Sekretion und Resorption durchgeführt, mit dem Erfolg erhöhter Leistungsfähigkeit, wie es mit der Arbeitsteilung im allgemeinen verknüpft ist.

Diese Darmdrüsen bestehen aus ausdauernden Sekretzellen, sie sind merokrin. Damit steht vielleicht die Tatsache im Zusammenhang, daß die hier abgesonderten Verdauungsfermente verschieden sind von den intrazellulären Fermenten, die den in den Körperzellen ablaufenden Stoffumsatz bewirken. Diese ihrerseits gleichen den Verdauungsfermenten der Wirbellosen, die in Darmsaft und Körperzellen gleich sind, und den Fermenten pflanzlicher Zellen, z. B. der Hefe. Bei den Wirbeltieren ist also ein Unterschied zwischen der Verdauungstätigkeit und dem intermediären Stoffwechsel vorhanden, der bei den Wirbellosen fehlt (KRÜGER); sie haben mannigfaltigere Mittel des Stoffwechsels als diese. Das gilt auch in weiterem Sinne für die Darmverdauung. Während bei den Wirbellosen für jeden Nährstoff nur *ein* Ferment vorhanden ist, tritt bei den Wirbeltieren für die Eiweißverdauung eine Kette von Fermenten in bestimmter Folge auf; nacheinander wirken Pepsin, Trypsin und Erepsin, und die vorhergehende Einwirkung erleichtert und beschleunigt die folgende, so daß im ganzen eine schnellere und gründlichere Arbeit geleistet wird. „Es stellt der von den Wirbeltieren beschrittene Weg eine Weiterentwicklung dar, die für die größere Energieentfaltung derselben mit verantwortlich zu machen ist" (JORDAN).

Dazu kommt eine besonders reiche Entfaltung der Darmoberfläche, die hier fast ausschließlich der Resorption dient, also in ihrer Einheitlichkeit einen Fortschritt der Arbeitsteilung und damit der Gesamtleistung bedeutet. Zwar findet sich schon bei einigen Schlammfressern unter den Ringelwürmern (*Sipunculus*) und Stachelhäutern (Seeigeln, Holothurien) eine Verlängerung des Darms über Körperlänge; aber das steht hier in Zusammenhang mit der großen Nährstoffarmut der Schlammnahrung. Erst bei Mollusken und Insekten ist der Darm auch bei pflanzen- und fleischfressenden Formen durch Windungen verlängert. In der Reihe der Wirbeltiere ist das in zunehmen-

dem Maße der Fall. Bei den Rundmäulern ist der Darm noch gestreckt, bei allen übrigen Wirbeltieren durch Schlingenbildung verlängert, am meisten bei den Säugern und Vögeln. Gerade der Vergrößerung der resorbierenden Oberfläche ist es wohl zuzuschreiben, wenn hier eine so reichliche Nährstoffaufnahme möglich ist, daß das Wachstum über die Ausmaße der Wirbellosen hinausgehen kann. Bei manchen Wirbellosen läßt sich ja ein Zusammenhang zwischen Größe der Darmoberfläche und Wachstumsgrenze nachweisen. Daß das auch für Wirbeltiere gilt, ist wahrscheinlich. Unter den Säugern ist der kürzeste Darm von $1^1/_2$ Körperlängen bei den kleinsten Arten, den Kleinfledermäusen vorhanden; dagegen so gewaltige Därme von 20facher, je 30facher Körperlänge gehören zu großen Säugern, wie Walen und großen Pflanzenfressern. Wegen der Verschiedenheit der Nahrung sind hier freilich die Vergleichsmöglichkeiten beschränkt. Wenn man aber den Vergleich innerhalb verwandter Gruppen von Amphibien vornimmt, deren Angehörige ähnliche Lebensbedingungen und vor allem ähnliche Nahrung haben, so findet man, daß die relative Darmlänge mit der Körpergröße zunimmt. In den Beispielen ist die Darmlänge in Zentimetern auf die 3. Wurzel aus dem Körpergewicht in Gramm als Einheit bezogen.

Proteus anguineus (98 g)	2.96
Amblystoma mexicanum (114 g)	3.52
Siren lacertina (700 g)	5.76
Cryptobranchus alleghianensis (950 g)	6.93
Megalobatrachus maximus (15486 g)	8.61
Moorfrosch (Rana arvalis)	3.8
Grasfrosch (R. temporaria)	4.5
Wasserfrosch (R. esculenta)	5.6
Kreuzkröte (Bufo calamita)	2.9
Wechselkröte (B. viridis)	3.7
Erdkröte (B. vulgaris)	5.5

Ihre große Beweglichkeit verdanken die Wirbeltiere dem Besitz eines axialen Bewegungsskeletts als Ansatz für die Muskulatur. Die Energie der Muskelkontraktion kann erst dann voll ausgenutzt werden, wenn Ursprungs- und Ansatzpunkt des Muskels in fester Verbindung mit den Achsen und Hebeln des Skeletts stehen und nicht auf Muskelzug elastisch nachgeben; bei nachgiebigem Widerlager, wie im Hautmuskelschlauch der Würmer, wird nur ein Teil der Muskelkraft für die Bewegung nutzbar. Eine ähnliche Einrichtung ist das Hautskelett der Arthropoden; hier ist die harte Chitinkutikula der Körperoberfläche zum Ansatz für die Muskeln geworden, und das hat diese Tiere in ähnlichem Maße beweglich gemacht, wie es die Wirbeltiere sind: sie laufen, springen, schwimmen und fliegen mit Hilfe von Hebelwerkzeugen wie diese. Aber ein solches Außenskelett muß, um genügend feste Ansatzpunkte zu bieten, viel massiger und schwerer sein als das Binnenskelett der Wirbeltiere; es verlangt zu seiner Bewegung eine größere Muskelmasse und setzt daher dem Größenwachstum ein frühes Ende. Außerdem bildet es jederzeit ein Wachstumshindernis, und die Notwendigkeit periodischer Häutungen führt zu großer Stoffvergeudung. Das Binnenskelett bietet außerdem günstigere Gelenkflächen, die einen weiten Spielraum für die Abstufung der Bewegungsfreiheit bieten: Kugelgelenke, Sattelgelenke, Scharniergelenke, je nach dem Bedarf der einzelnen Stellen; bei den röhrenförmigen Skeletteilen der Arthropoden sind dagegen Scharniergelenke mit nur einer Drehungsebene bei weitem vorherrschend.

Freilich bietet die Panzerung im Verein mit Beweglichkeit den Gliederfüßern einen sehr wesentlichen Schutz gegen Feinde und gegen Eintrocknung. Ein solcher Schutz hat sich in der Stammesentwicklung der Wirbeltiere nicht bewährt. Es ist lehrreich, dies genauer zu verfolgen. Wir können mit Recht annehmen, daß die Vorfahren der Chordatiere viel Ähnlichkeit mit dem Lanzettfischchen, dem Amphioxus, hatten. Von solchem Ausgangspunkt entwickelten sich die Chordaten nach zwei verschiedenen Richtungen. Die einen bekamen eine Schutzhülle, indem ihre Oberhaut einen Zellulosepanzer ausbaute; sie wurden dabei teils festsitzend, als Seescheiden (Aszidien), teils behielten sie eine ungeschickte, wenig lenkbare und nicht ausgiebige Beweglichkeit, das waren die Salpen. In ihrer Entwicklung wiederholen die Aszidien noch eine dem Urchordaten ähnliche Form als freischwimmende Larve; beim Festsetzen verlieren sie nicht bloß ihren Ruderschwanz, sondern auch ihr Zentralnervensystem sinkt auf eine niedere Stufe, und ihre Sinnesorgane werden zurückgebildet. Der Zweig der Manteltiere ist einförmig und artenarm (1600 Arten gegen 70000 der Wirbeltiere), ein Zeichen dafür, daß diese Abwandlung eines an sich aussichtsreichen Bauplans geringe Möglichkeiten bot. Ganz anders die freibeweglichen Wirbeltiere. Auch bei ihnen kamen immer wieder Versuche vor, durch Panzerung unter Verlust an Beweglichkeit erhöhte Sicherheit zu bekommen. Sie führten zum vorzeitigen Ende solcher Abzweigungen. Von den Cyclostomen sind die gepanzerten Formen aus den Unterklassen der Pteraspidomorphen und Cephalaspidomorphen früh ausgestorben; nur die nackten Myxinoiden und Petromyzonten überlebten. Von gepanzerten Knochenfischen gibt es nur wenige Formen. Die gepanzerten Amphibien sind ausgestorben, und nur noch bei einigen Schleichenlurchen (*Ichthyophis*, *Coecilia*) gibt es jetzt noch Reste eines früheren Schuppenkleides. Von mancherlei Gruppen gepanzerter Reptilien sind nur die Schildkröten in beschränkter Artenzahl (232 Arten) erhaltengeblieben. Bei den Meistern der Bewegung, den Vögeln, ist keine Spur einer Panzerung vorhanden. Die gepanzerten Säuger, die Gürtel- und Schuppentiere, spielen eine ganz geringe Rolle. Der Wert der schützenden Panzerung ist durch den Mißerfolg im Kampf ums Dasein gekennzeichnet als geringer Gewinn gegenüber dem damit verbundenen Verlust an Beweglichkeit, Aufmerksamkeit, Kampf- und Fluchtbereitschaft. Auch bei den Tintenfischen

sind die Ammoniten mit ihren Schutzgehäusen zugrunde gegangen; die überlebenden Formen sind nackt, mit Ausnahme des altertümlichen *Nautilus*. „Nur der gewinnt sich Freiheit und das Leben, der täglich sie erobern muß." Auf diesem Wege kam es zu der hohen Ausbildung des Nervensystems und der Sinnesorgane, die die Wirbeltiere auszeichnen.

Das scheinen mir die Grundbedingungen zu sein, auf denen die Höchstleistungen der Wirbeltiere beruhen. Sie haben ihnen zu einer schnellen und vielseitigen Entwicklung verholfen und stellen sie an die Spitze der tierischen Lebewesen. Ob aber gerade diese Höchstleistungen ihnen für die Zukunft in der Erdgeschichte eine Überlegenheit verbürgen werden, ist fraglich. Höchstgröße und höchste Lebensdauer bedeuten nur einen relativen Vorsprung; sie bergen schwere Gefahren in sich. Besondere Größenentwicklung ist notwendig verknüpft mit großem Nahrungsverbrauch, geringer Stückzahl, langsamer Reifung und verhältnismäßig geringer Nachkommenschaft. Die Leistungen des Somas treten in den Vordergrund gegenüber den Leistungen des Keimplasmas. Mit der Verminderung der Generationenzahl wird die Umbildung der Arten verzögert und die Möglichkeit günstiger Auslese herabgesetzt. Die Insekten haben bei beschränkter Größe und geringer Lebensdauer in langer Geschichte eine gewaltige Mannigfaltigkeit erworben, so daß sie drei Viertel aller lebenden Tierarten stellen. Als Ganzes besitzen sie eine Eigenschaft, die am ehesten eine lange Dauer verbürgt, den weiten Spielraum in den Lebensbedingungen, die Euryökie. Bei Verschlechterung der Lebensbedingungen auf der Erde werden es die am längsten aushalten, die am wenigsten wählerisch sind.

Über Azetatflagellaten.

Von ERNST G. PRINGSHEIM, Prag.

Überall, wo der Sauerstoff der Luft nur beschränkten Zutritt hat, entstehen unter Wasser alljährlich große Mengen von niederen Fettsäuren, teils aus der Vergärung von Kohlehydraten, wie Stärke und Zellulose, teils aus der Eiweißfäulnis, bei der oft die durch Hydrolyse abgespaltenen Aminosäuren unter Desaminierung reduziert werden. Außerdem kann Essigsäure auf dem Weg über Äthylalkohol aus Zucker hervorgehen, wenn zunächst anaerobe und dann aerobe Verhältnisse herrschen. Ob freilich diese letzteren Vorgänge irgendwo im großen sich abspielen, ist nicht bekannt. Bei den erstgenannten ist das jedoch sicher der Fall, z. B. im Schlamm der Gewässer, in Teichen mit reicher Ufervegetation, bei der Abwasserreinigung usw.

Da diese Säuren sich nicht anhäufen, so ist es klar, daß sie in andere Verbindungen umgewandelt werden müssen. Rein chemische Vorgänge kommen dafür kaum in Frage. Es sind also biochemische Umsetzungen anzunehmen. Der verhältnismäßig hohe Energiegehalt, z. B. der Essigsäure, macht, es verständlich, daß sie von Mikroorganismen als Nahrungsquelle verwertet wird. Sie reicht darin, auf Gewicht berechnet, beinahe an den Traubenzucker heran. Aus einem Molekül Glykose können drei Moleküle Essigsäure entstehen:

$$C_6H_{12}O_6 = 3\,C_2H_4O_2 + 15 \text{ kcal/Mol}$$ (nach STEPHENSON 1930, S. 23).

Rechnen wir, daß die Substanzen aus der Lösung entfernt und vollständig verbrannt werden, so müssen wir außer der Verbrennungswärme die Lösungswärme berücksichtigen. Wir bekommen dann für Glykose 673,7 kcal/Mol — 2,4 kcal/Mol = 671,3 kcal/Mol, für Essigsäure 209,6 kcal/Mol + 0,5 kcal/Mol = 210,1 kcal/Mol und 671,3 — 630,3 (= 3 × 210,1) = 41,0 kcal/Mol.

Der Unterschied ist also auch nach dieser Rechnung nicht groß.

Über die Lebewesen, welche sich von diesen Säuren ernähren und dadurch ihre Beseitigung bewirken, war bisher nicht viel bekannt. Ihr Auftreten hängt begreiflicherweise sehr von der H-Ionenkonzentration ab. Bei Eiweißfäulnis werden immer Ammoniak und seine Derivate gebildet, so daß die entstehenden Säuren alsbald neutralisiert werden. Bei den Kohlehydratgärungen ist nur dann eine starke Ansäuerung vermieden, wenn Neutralisierung, etwa durch Calciumcarbonat, möglich ist. Meist nimmt man wohl an, daß bei neutraler Reaktion die Bakterien, bei saurer die Pilze unter den Verzehrern der Fettsäuren, insbesondere der Essig- und Buttersäure überwiegen. Vorausgesetzt ist dabei immer, daß die Fettsäuren oder deren Salze aus den Orten ihrer Entstehung, wo Sauerstoffmangel herrscht, an solche gelangen, wo eine Oxydation möglich ist. Andernfalls kann eine Verarbeitung der Fettsäuren nur dann stattfinden, wenn reduzierbare Stoffe, wie Nitrate oder Sulfate, zur Verfügung stehen, also unter Denitrifikation oder Desulfurikation. Denitrifizierende Bakterien sind überall verbreitet. Sulfatreduktion kann ebenfalls in entsprechenden Rohkulturen leicht nachgewiesen werden.

Im ganzen ist leider über die Rolle der niederen Fettsäuren im Stoffwechsel der Mikroorganismen auffallend wenig Genaues bekannt[1]. Die ältere Literatur ist am vollständigsten bei CZAPEK (1913, S. 381 ff.) gesammelt. Nach ihm ist die Essigsäure ein allgemeiner Nährstoff für Pilze. *Oidium lactis*, *Mycoderma aceti*, *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten können sie verwerten. Dabei wird die Lösung durch Verbrauch der Säure alkalisch, was Stillstand der Vermehrung bewirken kann. Zusatz von Essigsäure bewirkt Wiedereinsetzen des Wachstums. Zusammenfassend meint er: „Essigsäure ist ein weitverbreitetes Intermediärprodukt bei der Verarbeitung von Kohlehydraten, Fetten und

[1] W. PFEFFER (1897) und W. KRUSE (1910) betonen nur, daß die Essigsäure für die meisten Organismen ein schlechter, für einige wenige ein vortrefflicher Nährstoff ist.

Eiweißstoffen und spielt in jeder Hinsicht im Stoffwechsel eine allgemein wichtige Rolle". Seitdem scheint nicht viel neues hinzugekommen zu sein. In der ausgezeichneten Darstellung des „Kreislaufes der Stoffe in der Natur" von K. BORESCH (1927) ist von Essigsäure gar nicht, von Buttersäure nur als Erzeugnis die Rede (S. 723). Auch sonst überwiegen Angaben über die Entstehung der niederen Fettsäuren, während solche über ihre Verwertung spärlich sind. Wichtig für uns ist eine Angabe von BRASCH (1909) nach der *Bacillus putrificus* aus Glykokoll leicht Essigsäure, aus Alanin schwerer Propionsäure bildet. In der ausführlichen Monographie von M. STEPHENSON (1930) sind derartige Fälle der Entstehung von Fettsäuren aufgeführt. Über ihre Verwertung im Stoffwechsel ist dagegen nichts zu finden. BREDEMANN (1932) untersucht die Bildung und Wiederverarbeitung der Säuren in Rohrzuckernährlösungen ohne Zusatz von Stickstoffverbindungen nach Beimpfung mit Erde, also in rohen Mischkulturen. „Unter den gebildeten flüchtigen Säuren nimmt die n-Buttersäure besonders gegen Ende der Versuche, den ersten Platz ein. Doch sind stets auch, besonders anfangs, Säuren mit niedrigerem Molekulargewicht vorhanden" (Ba-Gehalt der Ba-Salze). Nach F. FISCHER (1932) kann bei Gasreaktionen als Zwischenprodukt Essigsäure entstehen, so z. B. aus Methan durch Dehydrierung. Nur nebenher sei erwähnt, daß bei der Hefegärung nach NEUBERG u. U. Essigsäure entsteht, und daß auch in höheren Pflanzen nach K. WETZEL (1933) durch Oxydation von Alkohol Essigsäure gebildet werden kann.

Was die Verarbeitung der Essigsäure anbelangt, so hat HOPPE-SEYLER gezeigt, daß sie einer Methangärung unterliegen kann, wobei sie glatt in CH_4 und CO_2 zerfällt. Diese Angabe sollte mit Reinkulturen nachgeprüft werden. Leider kommt es auch heute noch vor, daß Stoffwechselversuche an Mikroorganismen mit Mischkulturen durchgeführt werden, so in einer in chemischer Hinsicht ausgezeichneten Arbeit von H. GAFFRON (1933), in der die Wirkung von Purpurbakterien auf Salze der niederen Fettsäuren untersucht wurde. Ohne Nachprüfung mit Reinkulturen sind die Ergebnisse nicht zu verwerten. Als einzige derartige Versuche mit Bakterien sind mir nur die von BRAUN und CAHN-BRONNER (1921) bekannt, die bei Paratyphus-B-Bakterien Azetat unbrauchbar fanden und nach diesem Mißerfolg keine fettsauren Salze mehr für ihre ausführlichen Ernährungsversuche herangezogen haben.

In Wirklichkeit gibt es viele Bakterienarten, die Essigsäure als C-Quelle verarbeiten. Gelegentlich trat in meinen Rohkulturen mit Azetat lebhafte gelbgrüne Fluoreszenz auf. Reinkulturversuche mit zwei physiologisch etwas verschiedenen Stämmen von *Bacillus fluorescens liquefaciens* zeigten, daß beide in einer Nährlösung mit essigsaurem Ammon als einziger organischer Verbindung sich vermehren und fluoreszierenden Farbstoff erzeugen, ebensogut wie mit Asparagin, dessen besondere Eignung für diese Bakterien bekannt ist. Azetat zusammen mit Asparagin wie auch mit Glykokoll bewirkte ein besonders üppiges Gedeihen. Vermehrung und Fluoreszenz gehen aber in solchen Flüssigkeitskulturen nicht parallel.

Ferner ist für Essigbakterien bekannt, daß sie zwar mit Azetaten nicht gut gedeihen, aber die von ihnen gebildete Essigsäure wieder verzehren, ebenso wie der oben genannte Pilz *Mycoderma aceti*, der die Essigbakterien später zu verdrängen pflegt.

Nun finden wir aber an solchen Orten, wo Eiweiß im Schlamm fault oder Kohlehydrate vergoren werden, oft in ungeheurer Menge Lebewesen, die in bezug auf ihren Stoffwechsel noch nicht lange bekannt sind und gewöhnlich bei ökologischen Betrachtungen vernachlässigt werden. Es handelt sich dabei um Flagellaten aus verschiedenen Verwandtschaftskreisen, die entweder mit Chlorophyll versehen und dann mixotroph oder farblos und saprotroph sind. Das heißt, sie verarbeiten in beiden Fällen organische Verbindungen, können aber, soweit sie grün sind, auch Kohlensäure reduzieren und Sauerstoff abspalten. Solange man über die Ernährung dieser Flagellaten nichts wußte, konnte man ihre Tätigkeit im Stoffumsatz der betreffenden Gewässer nicht richtig werten, nahm auch vielleicht an, daß sie nach Gelegenheit diese und jene Stoffe verarbeiten, wie das für so viele der verbreitetsten Pilze bekannt ist. Mit diesen ist bekanntlich außerordentlich viel experimentiert worden, weil sie dazu als besonders geeignet galten. Berühmt in dieser Hinsicht sind besonders die Ascomycetengattungen *Aspergillus* und *Penicillium*, auch manche Mucoraceen. Quantitativ ist aber ihre Bedeutung in der Natur wahrscheinlich mit der der Flagellaten nicht zu vergleichen, welche ich im Sinne habe.

Das erste hierher gehörige Lebewesen, das genauer erforscht wurde, war *Polytoma uvella*, ein „farbloser" Flagellat, der den grünen *Chlamydomonas*arten nahe steht und wie diese bei guter Ernährung echte Stärke in seinem Innern aufhäuft. Sein Vorkommen in Eiweißfaulflüssigkeiten, in denen er oft in dichtester Ansammlung auftritt, zeigte den Weg zur Klärung des Ernährungsproblems. Sog. Rohkulturen, die an Üppigkeit hinter der Masse, die man oft in Kloaken findet, nicht zurückstehen, bekommt man am besten nach H. C. JACOBSEN (1910), indem man auf den Grund des Gefäßes irgendeine Eiweißsorte, z. B. Gelatine, Fibrin, Kasein oder sehr zweckmäßig ein Stückchen Käse legt und darüber Teichschlamm oder Kloakenmoder schichtet. Wird das Ganze mit Wasser übergossen, so entwickelt sich im Laufe einer Woche bei geeigneter Temperatur von 18—22° eine Kultur, die neben Bakterien ungeheuer viel *Polytoma* enthält, so daß schließlich oft eine dichte Schwimmschicht dieser Lebewesen auftritt, die zuvor in zierlichen Wölkchen und Schlieren schon mit bloßem Auge erkennbar waren. Von diesem Organismus hatte H. C. JACOBSEN (1910) mit Hilfe einer sterilisierten, stinkenden Eiweißfaulflüssigkeit brauchbare Kulturen bekommen, nachdem es schon vorher OGATA (1893) gelungen war, auf einem Agar von unübersichtlicher Zusammensetzung kleine Kolonien des Flagellaten zu erzielen.

Da Polytoma nicht frißt, muß es gelöste organische Stoffe aufnehmen. Auf Grund der Tatsache, daß faulende Eiweißstoffe zunächst zu Aminosäuren hydrolysiert werden, versuchte ich

(PRINGSHEIM 1921) diese als C-Quellen, bekam aber nur spärliche Vermehrung, die beste noch mit Glykokoll. Diese Aminosäure macht den Hauptteil des Gemisches aus, welches bei der Hydrolyse von Gelatine entsteht; Gelatine hatte sich aber an Stelle der eigentlichen Proteine in Faulkulturen besonders bewährt. Ein weiterer Schritt ging von der Überlegung aus, daß *Polytoma* massenhaft Stärke bildet. Da diese keinen Stickstoff enthält, muß offenbar von den Aminosäuren ein N-haltiger Rest abgespalten werden, bevor sie zur Ernährung von *Polytoma* verwendet werden. Unter den chemischen Umsetzungen, die sich möglicherweise abspielen können, erschien unter anaeroben Bedingungen, die hier allein in Frage kommen, die Abspaltung von Ammoniak unter Wasserstoffaufnahme, also eine reduktive Desaminierung, am wahrscheinlichsten:

$$RCHNH_2COOH + H_2 = RCH_2COOH + NH_3.$$

Dabei könnten, je nach dem Bau und der Länge der Kohlenstoffkette, verschiedene organische Säuren auftreten, die sich mit Ammoniak sofort zu Salzen vereinigen müßten. Aus Glykokoll würde essigsaures Ammon entstehen. Ernährungsversuche mit einfachen Fettsäuren zeigten sofort, daß diese Überlegungen das Richtige getroffen hatten. Die Salze der Essigsäure und etwas weniger gut die der n-Buttersäure erwiesen sich als geeignet für die Ernährung von *Polytoma*. Mit Ammonazetatagar, auf dem dicke gelbe Kolonien gebildet wurden, war die Reinzüchtung leicht zu erreichen. Alle anderen geprüften Kohlenstoffverbindungen, deren Zahl später von PRINGSHEIM und MAINX (1926) und LWOFF (1932) noch wesentlich erweitert wurde, waren unverwertbar. So z. B. selbst Propionsäure, Isobuttersäure, Valeriansäure, Phenylessigsäure und Azetamid. Die C-Kette darf also nicht zu lang und nicht verzweigt sein. Weitere Regeln aufzustellen ist schwierig. Nehmen wir an, daß eine gerade Zahl der C-Atome vorhanden sein muß, so ist die Unverwertbarkeit der Capronsäure nicht zu erklären. Wie aber LWOFF betont, ist diese für *Euglena gracilis*, die sich in bezug auf die C-Quelle nach ihm ähnlich verhält, gut verwertbar.

Polytoma uvella ist also ein ausgesprochener Azetatorganismus.

Als Stickstoffquelle können verschiedene Aminosäuren, besonders Asparagin, Glukosamin, dann auch Glykokoll verwertet werden, mit ebenso gutem Erfolg aber auch Ammoniak. Eine Lösung mit essigsaurem Ammon, $MgSO_4$, K_2HPO_4 und $FeCl_2$ auf p_H 7,5—7,8 gebracht, stellt die einfachste und gleichwohl sehr günstige Nährlösung dar. Die Grenzen des Gedeihens liegen dabei zwischen p_H 7,0 und $>7{,}8$. Eine Faulflüssigkeit nach JACOBSEN, wie sie noch GEBAUER (1930) verwendet hat, ist ihr nicht überlegen. Nitrate sind nicht verwertbar.

Aus den in obigen Salzen enthaltenen Elementen vermag der Organismus nicht nur sein Protoplasma mit Zellkern aufzubauen, sondern auch die Zellwand, welche aus Zellulose und Pektin besteht und als Reservestoff massenhaft Stärke, zuletzt auch Fett. Die Stärkebildung aus Essigsäure fällt besonders ins Auge, und da eine solche bisher von den Biochemikern noch nicht studiert worden ist, sei hier darauf aufmerksam gemacht. Daß es sich wirklich um Stärke handelt, wurde durch Doppelbrechung zwischen gekreuzten Nicols, durch die beim Erhitzen verschwindende Blaufärbung mit Jod und die Umwandlung in eine Substanz, welche Fehling reduziert, mit Hilfe von Malz- und Speicheldiastase sichergestellt. Manchmal war allerdings die J-Färbung mehr rötlich. Durch Übertragung in azetatfreie Flüssigkeit kann man die Zelle entstärken und durch Zusatz von Azetat oder Butyrat wieder mit Stärke füllen. Zucker und Glyzerin sind hierfür ebenso unbrauchbar wie für die Ernährung.

Das gute Gedeihen der Kulturen mit Ammonazetat gab sich auch darin kund, daß an der Oberfläche eine dicke „Kahmhaut" entstand, auf die auch LWOFF (1932, S. 22) aufmerksam gemacht hat. Es ist ihm jedoch entgangen, daß in dieser Schicht massenhaft Kopulationen eintreten, so daß sie später nur noch aus dickwandigen Zygoten und abgestorbenen Zellen besteht.

Im Jahre 1916 hat DOFLEIN den Begriff der „Zuckerflagellaten" aufgestellt. Er hatte nämlich gefunden, daß *Polytomella agilis* sich in Zuckerlösungen lebhaft vermehrt. Das ist eine Art, die *Polytoma* morphologisch nahe steht und sich von ihm fast nur durch das Vorhandensein von vier anstatt 2 Geißeln und das Fehlen einer derben Zellwand unterscheidet. Sie ist gleichfalls chlorophyllfrei und lagert sehr viel Stärke ein. DOFLEIN vermutete, daß sich *Polytoma* ähnlich *Polytomella* von Zucker ernähre. Seit ich für erstere gefunden hatte, daß diese Annahme auf einem Irrtum beruhe, war ich begierig, zu prüfen, ob nicht auch in den *Polytomella*kulturen von DOFLEIN eine durch Gärung entstandene Säure der eigentliche Nährstoff gewesen sei. Als es mir durch die Freundlichkeit meines Mitarbeiters F. MAINX endlich gelungen war, dieses Organismus habhaft zu werden, stellte es sich heraus, daß er sowohl in Eiweiß- wie Stärkerohkulturen üppig gedieh. Leider kann sich dieser Flagellat wegen seiner schwachen Außenhaut in oder auf dem Agar nicht gut vermehren. Seine Widerstandsfähigkeit gegen Säure erlaubte jedoch die Erzielung absoluter Reinkulturen mit nicht allzu großer Mühe. Auch *Polytomella* vermehrt sich bei geeigneter H-Ionenkonzentration, d. h. bei p_H 5,3—6,5 in Lösungen, welche Essigsäure und Ammoniak enthalten, und zwar außerordentlich rasch. Als N-Quelle sind auch Aminosäuren verwendbar. Immer muß aber ein fettsaures Salz dabei sein. Rohr- und Traubenzucker sind unverwendbar. Die Bildung der Cysten tritt genau wie bei *Polytoma* in einer bei starker Entwicklung auftretenden Ansammlung an der Flüssigkeitsoberfläche ein. Diese beiden chlorophyllfreien Chlamydomonaden scheinen sich ernährungsphysiologisch durch nichts anderes als

durch die p_H-Bereiche zu unterscheiden, in denen sie gedeihen. Da diese sich nicht überschneiden, können *Polytoma* und *Polytomella* nie gemischt auftreten. *Polytoma* bedarf also basischer, *Polytomella* saurer Reaktion.

JACOBSEN hat schon gefunden, daß in seinen Eiweißfaulkulturen am Licht gewöhnlich grüne Verwandte von *Polytoma* auftraten, von denen er *Chlorogonium euchlorum* näher untersucht hat. Am Licht ist diese Art in anorganischen Nährsalzlösungen züchtbar, im Dunkeln gedieh sie bei ihm in verschiedenen Nährlösungen nicht und vermehrte sich nur in Pankreasgelatine ein wenig, so daß er zu dem falschen Schlusse kam, daß sie eines Eiweißhydrolysegemisches bedürfe. Inzwischen hat LOEFER (1934) gezeigt, daß *Chlorogonium* in einem Gemisch aus Azetat, Zucker und Eiweißabbauprodukten im Dunkeln zur Vermehrung gebracht werden kann. Ich fand, daß auch diese Art in Ammonazetatlösungen mit den nötigen anorganischen Nährsalzen bei Ausschluß der CO_2-Assimilation gut gedeiht (PRINGEHEIM, 1934). Sie bleibt dabei dauernd grün und bildet reichlich Stärke. Nur muß dafür gesorgt werden, daß die Anfangsreaktion der Nährlösung nicht saurer als $p_H = 5{,}7$ ist. Zuckerarten konnten die Fettsäure nicht ersetzen. Eiweißabbauprodukte können verwertet werden, erlauben aber ohne Azetat keine Vermehrung. Chlorogonium gedeiht gut auf Agar.

Sogleich nach Aufklärung der Ernährungsphysiologie von *Polytoma* stellte ich mir die Frage, ob dieser Flagellat der einzige sei, für den Azetate die gebotene Nahrung darstellen. In den Faulkulturen mit Eiweißstoffen und Erde waren auch andere nicht grüne Flagellaten aufgetreten, am häufigsten und in größter Masse *Chilomonas paramaecium*, eine farblose Cryptomonade, also mit *Polytoma* nicht näher verwandt. Auch dieser Organismus speichert in seinem Körper große Stärkemengen.

Leider war *Chilomonas* auf Agar nicht zur Vermehrung zu bringen. Sichere Reinkulturen gelangen deshalb damals (1921) nicht. Gleichwohl konnte aus den Versuchen mit großer Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, daß Azetat auch hier eine gute Nahrung bietet. Allerdings schien eine organische Stickstoffquelle erforderlich zu sein, was LOEFER noch 1934 für nötig hielt. MAST und PACE (1934) haben gezeigt, daß *Chilomonas* auch mit Ammonstickstoff gedeiht. Sie führen eine Versuchsreihe an, aus der hervorgehen soll, daß dazu eine ganz bestimmte Konzentration von Ammonchlorid erforderlich sei. Inzwischen ist es auch mir gelungen, sichere Reinkulturen zu erzielen. Es zeigte sich, daß diese in einem Essigsäure-Ammoniakgemisch mit den nötigen anorganischen Salzen nur innerhalb eines engen Bereiches der H-Ionenkonzentration gedeihen, und zwar zwischen p_H 5,7 und 7. Darauf kommt es hier viel mehr an als auf die Konzentration des Ammonsalzmoleküls. *Chilomonas* gedeiht also nicht am besten in einer genau neutralen Lösung, wie ich vor Einführung der p_H-Messungen in die Mikrobiologie annahm, sondern bei einer schwach sauren Reaktion. Richtig ist jedoch die damalige Angabe, daß der für das Gedeihen von *Chilomonas* geeignete p_H-Bereich scharf begrenzt ist und daß darauf ihr plötzliches Auftreten und Verschwinden in den Rohkulturen beruht. In bezug auf die C- und Energie-Quelle verhält sich *Chilomonas* etwas anders als *Polytoma*, denn es kann sich auch in hydrolysierten Eiweißlösungen ohne Azetat vermehren. Zucker kann jedoch auch hier nicht verwertet werden. Die Stärke scheint ausschließlich aus Fettsäuremolekülen aufgebaut zu werden. Die Angabe von MAST und PACE, daß *Chilomonas* bei Gegenwart von Ammonsalzen imstande ist, seinen Kohlenstoffbedarf aus Kohlendioxyd zu decken, konnte ich bisher ebenso wie LOEFER nicht bestätigen.

Von anderen farblosen saprophytischen Vertretern sonst chlorophyllhaltiger Flagellatengruppen konnte bisher nur eine Euglenine, nämlich *Astasia ocellata*, ernährungsphysiologisch untersucht werden. Diese Familie besitzt anstatt der echten Stärke ein Kohlehydrat, das sich mit Jod nicht färbt, das Paramylon.

Eine Verwertung anorganischer Stickstoffverbindungen ist bei Eugleninen bisher nur für grüne Arten in Lichtkulturen gefunden worden. Im Dunkeln bedürfen sie der Eiweißabbauprodukte. Die niedrigsten Verbindungen, aus denen sie ihr Körpereiweiß synthetisieren können, sind die Aminosäuren. Doch scheinen sie nicht imstande zu sein, diese ineinander umzuwandeln. Wenigstens vermögen sie nicht mit einer einzelnen auszukommen, und es ist sogar bisher noch nicht gelungen, aus mehreren derselben ein geeignetes Gemisch herzustellen. Ein enzymatisches, stark hydrolysiertes Abbaugemisch wie Erepton, das hauptsächlich aus Aminosäuren besteht, wurde dagegen von MAINX (1927) sehr geeignet gefunden. Es wird durch die Flagellaten stark basisch, ein Zeichen, daß Ammoniak abgespalten und der Säurerest der Aminosäuren im Stoffwechsel verbraucht wird. Bei gewissen N-Quellen scheint allerdings zu gutem Gedeihen eine besondere C-Quelle erforderlich zu sein. Als solche fand ich (1921) wiederum Essigsäure am besten. Eine sehr gute Ernährung wird auch durch das im Fleischextrakt enthaltene Gemisch organischer N-Verbindungen erzielt.

Ebenso verhält sich die einzige bisher im Dunkeln zur Vermehrung gebrachte grüne Verwandte, *Euglena gracilis*. Verfasser (1912) und MAINX (1927) haben diese in Fleischextrakt-, Pepton- und Ereptonlösungen gezüchtet. Dabei wurde Erepton wieder bei Ausschluß der CO_2-Assimilation stark alkalisch. Es fand also während der üppigen Vermehrung ein lebhafter Stoffumsatz statt. DUSI (1930) fand dagegen, daß nur ein wenig hydrolysiertes Muskeleiweiß gute Vermehrung gibt, daß aber in stärker abgebauten Gemischen daneben zum dauernden Weiterzüchten eine Fettsäure, nämlich Essigsäure, Buttersäure oder Capronsäure erforderlich ist, während n-Propionsäure und n-Valerian-

säure weniger geeignet, alle übrigen Glieder der Reihe sowie viele andere organische Säuren unbrauchbar waren. Auf jeden Fall sind auch hier die niederen Glieder der Fettsäurereihe sehr gute Nährstoffe, während die Zucker fast keinen Einfluß auf die Vermehrung haben. Auch in bezug auf das p_H-Optimum verhalten sich die beiden Arten nicht sehr verschieden.

Es gibt noch eine ganze Zahl in Reinkultur gewonnener Euglenenarten (MAINX, 1928), von denen aber keine bisher im Dunkeln zur Vermehrung zu bringen war. Ferner konnten mehrere farblose Vertreter der Eugleninen in Eiweißfaulkulturen speziesrein gezüchtet werden, ohne daß bisher ihre Ernährungsweise aufgeklärt wäre. Die Reinkultur begegnete bisher ungewöhnlichen Schwierigkeiten. Auch sie dürften Fettsäuren neben Eiweißabbauprodukten verwerten.

Man hat den Eindruck, als hätte die Ernährung bei saprophytischer Lebensweise eine Beziehung zur systematischen Stellung. Die Arten, welche sich mit Essigsäure und Ammonverbindungen begnügen, nämlich *Polytoma*, *Polytomella*, *Chlorogonium* und *Chilomonas* sind außer dem letzten alle Chlamydomonadaceen, und auch die Arten, welche an Stelle der Ammon-N im Dunkeln neben Azetat einer Aminosäure bedürfen, nämlich *Haematococcus pluvialis*, *Chlamydomonas pseudagloe*, *Chlamydomonas agloeformis* und *Chlamydomonas pseudococcum*, gehören hierher [TREBOUX (1905), LWOFF (1929), LUKSCH (1931)]. Die bisher saprophytisch kultivierten Eugleninen und eine von den Arten, die DUSI (1930) näher untersucht hat, nämlich *Euglena pisciformis*, sogar am Licht, bedürfen des Peptones oder eines „natürlichen" Aminosäuregemisches. Es ist zu erwarten, daß diese Unterschiede sich auch bei weiteren Vertretern der beiden Verwandtschaftskreise bestätigen werden, sobald es gelungen sein wird, sie in Reinkultur zu gewinnen.

Im ganzen habe ich jetzt 17 Flagellaten in Kultur, die sich saprophytisch ernähren lassen, nämlich 9 Eugleninen mit Paramylon, 7 Volvocineen und 1 Cryptomonade mit Stärke. Darunter sind nur 5 chlorophyllhaltige Arten, weil die übrigen Stämme unserer Reinkultursammlung noch nicht geprüft worden sind. Farblose bzw. apochlorotische Arten sind also 12 in Kultur, davon bisher leider nur 4 in Reinkultur. Diese ist für die grünen, daher am Licht unter Ausschluß organischer Nährstoffe züchtbaren Arten sehr viel leichter zu erreichen als für die farblosen, für die zunächst die Ernährungsweise unbekannt ist.

Mehrere Vertreter der ökologischen Gruppe der Azetatflagellaten, besonders die so leicht auf Agar züchtbaren Arten *Polytoma uvella* und *Chlorogonium euchlorum*, verdienten es, von Biochemikern näher untersucht zu werden. Allerdings müßten diese sich zuvor unbedingt die Methoden der Reinkultur aneignen. Alle Arbeiten, bei denen Stoffwechselversuche an Mikroorganismen ohne strengen Ausschuß anderer Lebewesen durchgeführt worden sind, können nicht als zuverlässig gelten und dürfen schon jetzt als veraltet zu bezeichnen sein, auch wenn die chemischen Untersuchungen mit noch so großer Kunst durchgeführt sind.

Bei allen diesen Arten ist der Übergang von der Dreikohlenstoffverbindung zum Stärkemolekül der Erforschung wert. Berechtigt scheint auch die Frage, warum z. B. neben Glykokoll unbedingt noch Essigsäure erforderlich ist, und ob das erstere vor der Umwandlung in andere Aminosäuren, die der Eiweißsynthese vorausgehen muß, selbst noch desaminiert wird. Schließlich dürfte *Chlorogonium* ein sehr geeignetes Objekt sein, um der Verwertung des Nitrates nachzugehen, das doch wohl bis zur Ammonstufe reduziert werden muß. Mit einem solchen Objekt in Reinkultur und unter Ausschluß des Lichtes wäre diese Frage und manche andere besser anzugreifen als mit höheren Pflanzen.

Literatur:

K. BORESCH, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie 1. Berlin 1927. — BRASCH (1909) nach STEPHENSON 1930. — H. BRAUN u. C. E. CAHN-BRONNER, Zbl. Bakter. I, 86 (1921). — G. BREDEMANN, Zbl. Bakter. II, 86 (1932). — F. CZAPEK, Biochemie der Pflanzen. Jena 1913. — F. DOFLEIN, Biol. Zbl. 36 (1916). — H. DUSI, C. r. Soc. Biol. Paris 105 (1930). — F. FISCHER, R. LIESKE u. K. WINZER, Biochem. Z. 245 (1932). — H. GAFFRON, Biochem. Z. 260 (1933). — H. GEBAUER, Beitr. Biol. Pflanz. 18 (1930). — HOPPE-SEYLER, Hoppe-Seylers Z. 2 (1887). — H. C. JACOBSEN, Z. Bot. 2 (1910). — W. KRUSE, Allgemeine Mikrobiologie. Leipzig 1910. — J. B. LOEFER, Biol. Bull. 66 (1934). — I. LUKSCH, Diss. Prag 1931. — A. LWOFF, Rech. biochim. sur la nutrition des Protozoaires. Paris 1932. — M. u. A. LWOFF, C. r. Soc. Biol. Paris 102 (1929). — F. MAINX, Arch. Protistenkde 57 (1927). — S. O. MAST u. D. M. PACE, Protoplasma 20 (1934). — M. OGATA, Zbl. Bakter. I, 14 (1893). — W. PFEFFER Pflanzenphysiologie 1. Leipzig 1897. — E. G. PRINGSHEIM, Beitr. Biol. Pflanz. 12 (1912) — Beitr. allg. Bot. 2 (1921) — Naturwiss. 22, H. 30 (1934). — E. G. PRINGSHEIM u. F. MAINX, Planta 2 (1926). — M. STEPHENSON, Bacterial metabolism. London. New York, Toronto (1930). — O. TREBOUX, Ber. dtsch. bot. Ges. 23 (1905). — K. WETZEL, Ber. dtsch. bot. Ges. 51 (1933).

Kurze Originalmitteilungen.

Das Ultrarotspektrum des Fluor(I)Oxyds F_2O.

Das Spektrum des F_2O wurde zwischen 1 und 27 μ untersucht. Es zeigten sich ausgeprägte Banden bei 5,75 μ, 7,6—8,4 μ, 10,8 μ und 12,0 μ. Von diesen sind die erste und die beiden letzteren sicherlich Doppelbanden, während die breite Bande bei 7,6—8,4 μ möglicherweise noch einen Q-Zweig aufweist. Banden schwächerer Intensität finden sich bei 3,93, 4,56 und 6,62 μ. Wegen ihrer besonders großen Intensität sind voraussichtlich die 12,0 μ-, 10,8 μ- und 7,6 bis 8,4 μ-Banden als Grundschwingungen anzusehen. Hiernach käme dem F_2O eine gewinkelte Struktur zu.

Bemerkenswert ist, daß zwischen dem hier angegebenen F_2O-Spektrum und dem des Cl_2O* eine nähere Verwandtschaft besteht, falls man die intensive Bande bei „14,8 μ" (nach der veröffentlichten Zeichnung[1] liegt diese bei 14,5 μ), die BAILEY und CASSIE dem CO_2 zuschreiben, dem Cl_2O zuordnet. Hierfür spricht besonders, daß die Autoren bei 4,25 μ, wo eine größenordnungsmäßig gleich starke CO_2-

* C. R. BAILEY u. A. B. D. CASSIE, Proc. roy. Soc. Lond. 142, 129 (1933).

[1] C. R. BAILEY u. A. B. D. CASSIE, Proc. roy. Soc. Lond. 142, 131 (1933).

Bande liegt, keinerlei Absorption aufgefunden haben. Ferner erscheint die Annahme von BAILEY und CASSIE, das bei ihren Messungen ein konstant siedendes Gemisch von Cl_2O und CO_2 vorgelegen habe, aus physikalisch-chemischen Gründen außerordentlich unwahrscheinlich. Die Zuordnung der Grundfrequenzen beim Cl_2O würde sich dementsprechend ändern.

Eine ausführliche Veröffentlichung über die Messungen am F_2O und deren Diskussion erfolgt in Kürze.

Berlin, I. Physikalisches und Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, den 19. Januar 1935.

G. HETTNER. R. POHLMAN. H. J. SCHUMACHER.

Besprechungen.

REIMANN, ARNOLD L., **Thermionic Emission.** London: Chapman u. Hall Ltd. 1934. XI, 324 S. und 64 Abbild. 14 cm × 22 cm. Preis geb. 21 sh.

Vor 6 Jahren wurde von H. ROTHE und mir eine zusammenfassende Darstellung der Glühelektronenphysik im WIEN-HARMSschen Handbuch gegeben. Das vorliegende Buch von REIMANN ist seit dieser Zeit die erste in ähnlichem Umfange und mit ähnlichen Zielen erschienene Monographie des Gebietes, und es wird die Leser dieser Zeitschrift vielleicht interessieren, neben einer Würdigung der Darstellung im ganzen und des neu hinzugekommenen Materials auch unsere kritische Stellungnahme zu den Gedankengängen zu hören, in denen der Verfasser andere Wege geht als wir.

Vorab kann ohne Einschränkung gesagt werden, daß es sich um ein ungewöhnlich reizvolles Buch handelt. Man hat den Eindruck, daß hinter dem Werk eine Persönlichkeit steht, die eine frische und ehrliche Art hat, an die Probleme heranzugehen, sich in ihre Deutung zu vertiefen und eine Meinung zu berichtigen, wenn die Tatsachen ihr entgegenstehen. Günstig für das Werk ist auch die äußere Stellung des Autors, der als Mitglied des Research Staff der englischen General Electric Co. aktiv an deren Experimentaluntersuchungen beteiligt ist, andererseits jedoch in Fühlung steht mit der Cambridger Theoretikerschule um Fowler, deren Interesse für Emissions- und Halbleiterfragen sich in den letzten Jahren durch wichtige Arbeiten dokumentiert hat.

Es handelt sich also weder um eine allzu empirische noch um eine theoretisch dogmatische Behandlung, sondern: der Verfasser scheut vor eingehenden theoretischen Überlegungen nicht zurück, wenn die Diskussion wichtiger Erscheinungen sie erfordert. Dem Leser wird hierbei das Mitgehen dadurch erleichtert, daß der Aufbau nicht streng systematisch, sondern mehr didaktisch orientiert ist. Von den 6 Kapiteln des Buches bringt das erste eine „Allgemeine Übersicht" über die beobachteten Erscheinungen, die thermische Emissionstheorie, Verhalten bei schwachen und starken Feldern, Schwankungseffekte und positive Ionenemission, ohne zunächst auf experimentelle und theoretische Einzelheiten einzugehen. Es folgt ein Kapitel über die Elektronenemission reiner Metalle, wobei, unter Hinweis auf ein späteres theoretisches Kapitel, bereits die lichtelektrische Bestimmung der Austrittsarbeiten zur Ergänzung herangezogen werden kann. Es folgt weiter die Besprechung der Elektronenemission von Oberflächen mit Fremdatomen, also des Wolfram-Thorium-Problems, des Wolfram-Cäsium-Problems usw. Bei der sehr geschickten Diskussion dieser Erscheinungen ist mir als neu u. a. die Berücksichtigung der Emissionsfeldstärke aufgefallen, deren Einfluß allerdings noch nicht ganz geklärt zu sein scheint. Originale Bedeutung auf experimentellem Gebiet hat der Teil dieses Kapitels, der sich mit der Untersuchung von atomaren Schichten von *Ba* und *O* auf Wolfram beschäftigt. Hier konnte der Verfasser neue Untersuchungen von J. W. RYDE und N. L. HARRIS aus dem Forscherkreise der englischen Gen. E. Co. bringen, die u. a. den Übergang von der einatomaren zur zweiatomaren *Ba*-Schicht verfolgen lassen und über abwechselnd mit Sauerstoff und *Ba*-Dampf behandelte Oberflächen interessante Mitteilungen bringen.

Mit der größten Spannung konnte man der Behandlung des Oxydkathodenproblems durch den Verfasser entgegensehen. Wir verdanken früheren Arbeiten von REIMANN in der Frage des Zusammenhangs zwischen Emission und Leitfähigkeit einen wichtigen experimentellen Beitrag; gegen die zunächst vorgeschlagene Deutung des Beobachtungsmaterials hatte sich aber bald allgemeiner Widerspruch erhoben. Im Einklang mit inzwischen erschienenen weiteren Arbeiten des Verfassers sehen wir hier diese Deutung, wonach der Elektrizitätstransport in der Oxydschicht rein elektrolytischer Natur sein soll, verlassen und durch eine Halbleitertheorie der Elektronenleitung ersetzt, die sich an die GUDDENsche Störstellentheorie in ihrer von H. A. WILSON gegebenen quantitativen Formulierung aufs engste anschließt.

Kapitel V bringt die „Moderne allgemeine Theorie der Elektronenemission". So die Einführung der quantenstatistisch berechneten chemischen Konstanten in die Emissionsformel (mit vollständiger statistischer Ableitung!), dann aber vor allem die Theorie der Fermiverteilung der Metallelektronen und deren Durchgang durch Potentialschwellen verschiedener Form, mit Berechnungen des Durchgangs- und Reflexionskoeffizienten, die allerdings auf kaum nachprüfbaren Annahmen beruhen.

Im Schlußkapitel werden endlich die Vorgänge der Ionenemission von atomar bedeckten Metalloberflächen, von verunreinigten und reinen Metallen und von Salzen unter Berücksichtigung wertvoller neuer Arbeiten geschildert.

Alles in allem bietet die Darstellungsweise des Verfassers viele Vorteile gegenüber dem Aufbau unseres Artikels von 1928, der die Glühelektronentheorie von vornherein als einen Spezialfall der „Elektrothermodynamik" betrachtete und demgemäß allgemeine thermodynamische Überlegungen an den Anfang stellte. Und doch gibt es — und damit komme ich zu dem kritischen Teil meines Referates — gerade in dem so anders aufgebauten REIMANNschen Werke Stellen, die unser Vorgehen zu rechtfertigen scheinen. Denn durch eine sorgfältige thermodynamische Vorbereitung des Gebietes lassen sich bestimmte Typen von Ungenauigkeiten und Scheinproblemen vermeiden, an denen die englische und amerikanische Literatur seit langem krankt und die auch in diesem Buch nicht vermieden sind. Es handelt sich um die genaue Bedeutung der Austrittsarbeit χ und der Emissionskonstanten A in der bekannten Richardson-Dushman- T^2-Form des Emissionsgesetzes. Wir haben in unserem Artikel (Handb. d. Exp. Phys. 13, 2 I, insbesondere Kap. III, § 2 und Kap. VI, § 2) immer wieder darauf hingewiesen, daß man eine Temperaturunabhängigkeit der Austrittsarbeit in diesem Gesetz *nicht* aus dem Verschwinden des beobachtbaren spezifischen Wärmeanteils der Elektronen im Metall folgern darf, daß vielmehr der Temperaturgang der Austrittsarbeit noch von weiteren Gliedern abhängen kann, über deren Größe sich aus thermodynamischen Betrachtungen kaum etwas aussagen läßt. Wir stellen insbesondere fest, daß die Emissionsformeln von RICHARDSON und DUSHMAN unter Vernachlässigung eines elektrischen Anteils der Austrittswärme abgeleitet sind und bitten unsere

englischen und amerikanischen Kollegen, von den hierzu gemachten Ausführungen unseres Artikels Kenntnis zu nehmen.

Ist aber mit einer merklichen Temperaturabhängigkeit der Austrittsarbeit in der T^2-Emissionsformel zu rechnen, so verlieren alle Versuche, aus Abweichungen der Mengenkonstanten der Emissionsformel von ihrem theoretischen Wert auf bestimmte stark von o abweichende Werte des Reflexionskoeffizienten zu schließen oder aus ihnen die Größe wirksamer Oberflächen zu berechnen, bis auf weiteres ihre Bedeutung; zugleich fallen aber auch Schwierigkeiten fort, die die tatsächlich beobachtete Größenordnungsvariation dieser Mengenkonstante vielen Forschern bietet.

Am bedeutsamsten scheint mir diese scheinbar rein formale Frage zu sein für eine vernünftige Weiterentwicklung der Oxyd-Emissionstheorie. REIMANN wirft am Schluß seines Oxydkapitels nach Besprechung der WILSONschen Halbleitertheorie die Frage auf, ob die Zahl der überschüssigen *Ba*-Atome im Oxyd, die die Leitfähigkeit nach den gemachten Annahmen nach einem Wurzelgesetz beeinflußt, nicht auch in die Mengenkonstante der Oxydemissionsformel eingehen müsse. Er verneint diese Frage, indem er darauf hinweist, daß das über der Oxydschicht der Oxydkathoden befindliche Elektronengas ja auch mit dem darunter liegenden Trägermetall im Gleichgewicht stehen müsse und daß, wenn man den Potentialunterschied zwischen dem Metallinnern und einem Punkt über der Oxydschicht ins Auge fasse, wiederum eine Emissionsformel mit der theoretischen Mengenkonstante, nur mit abgeänderter Austrittsarbeit, gültig sein müsse. Er übersieht dabei, nach meiner Meinung, daß sich der Potentialunterschied zwischen dem Oxydinnern und dem Metallinnern in Abhängigkeit von dem *Ba*-Gehalt der Oxydschicht temperaturabhängig einstellt (Einfluß auf die *beobachtbare* Mengenkonstante) und dadurch konzentrationsabhängig wird. Die Zuhilfenahme einer dritten (Unterlage-) Phase erschwert also nur die Auffindung der Abhängigkeit der Oxydemission von der Konzentration der neutralen *Ba*-Atome in der Oxydschicht; viel einfacher berechnet man die Zahl der freien Leitungselektronen im Oxyd in Abhängigkeit von der *Ba*-Konzentration und betrachtet dann das Gleichgewicht zwischen den Leitungselektronen des Oxyds und dem äußeren Elektronendampf. Im Interesse der weiteren Diskussion dieser wichtigen Frage sei es mir gestattet, die Emissionsformel, die sich auf diese Weise ergibt, hier mitzuteilen. Der Sättigungsstrom i pro Oberflächeneinheit wird bei verschwindendem Reflexionskoeffizienten

$$i = \alpha \sqrt{c_D} \cdot T^{3/4} \cdot e^{-\beta/T}.$$

Hierbei bedeutet c_D die Molenzahl der als Elektronendonatoren wirksamen neutralen *Ba*-Atome pro Volumeinheit des Gitters, β hängt mit der inneren Ablösungsarbeit E_{DF} von den *Ba*-Donatoren bis zum unteren Rande des freien Elektronenbandes (F) und mit der äußeren Austrittsarbeit Δ, jeweils pro Mol Elektronen gerechnet, durch die Beziehung zusammen:

$$\beta = 1/R \left\{ \Delta + 1/2\, E_{DF} \right\}.$$

α ist eine neue Mengenkonstante, die mit der Elementarladung e, den Konstanten k und h, der LOSCHMIDTschen Zahl N und den Elementarmassen m der freien Elektronen und m_F der F-Elektronen des Halbleiters im Zusammenhang steht:

$$\alpha = e \left\{ \frac{(2\pi)^{3/2} N k^{5/2} m_F^{3/2}}{h^3 m} \right\}^{1/2}.$$

Der numerische Wert dieser Konstante ist für $m_F = m$ gleich $1{,}42 \cdot 10^5$ Amp. cm$^{-1/2}$ grad$^{-3/4}$. Das Gesetz gilt für *aktivierte* Kathoden; verschwindet die Störhalbleitung des Oxyds gegenüber der Eigenhalbleitung („vergiftete" Kathode), so wird die Emission von der Störstellenzahl unabhängig und statt $\Delta + \frac{E_{DF}}{2}$ tritt, wie auch REIMANN schon andeutet, die Ablösungsenergie E_{GF} zwischen dem oberen Rand G des letzten voll besetzten Elektronenbandes und dem F-Niveau in der Kombination $\Delta + \frac{E_{GF}}{2}$ in Erscheinung. Ob die äußere Austrittsarbeit Δ überhaupt von dem *Ba*-Gehalt beeinflußt wird, wäre vom Standpunkt der neuen Theorie aus erst noch zu prüfen.

W. SCHOTTKY, Berlin.

Handbuch der Spektroskopie. Herausgegeben von H. KAYSER und H. KONEN. Siebenter Band, dritte und letzte Lieferung. Leipzig: S. Hirzel 1934. S. 751 bis 1473. 17 cm × 25 cm. Preis RM 80.—.

Über die Weiterentwicklung des für die spektroskopische Forschung so ungemein wichtigen KAYSERschen Handbuches ist in dieser Zeitschrift jeweils bei Erscheinen neuer Teilbände berichtet worden [Naturwiss. **12**, 369 (1924); **19**, 662 (1931); **21**, 300 (1933)]. Mit der vorliegenden dritten Lieferung des siebenten Bandes kommt dieser zum Abschluß, obwohl das Ziel, das die Autoren sich bei der Herausgabe der ersten Lieferung dieses Bandes im Jahre 1923 gesetzt hatten, nicht erreicht ist. Es war damals der Plan gewesen, in diesem Bande als Fortsetzung der Bände V und VI die Spektren sämtlicher Elemente zu behandeln. Aber das hat sich infolge der rapiden Entwicklung der spektroskopischen Forschung nicht durchführen lassen Nachdem im Jahre 1927 die zweite Lieferung des siebenten Bandes erschienen war, die bei alphabetischer Reihenfolge der chemischen Symbole bis zum Element Iridium reichte, waren über die Elemente, die in der ersten Lieferung behandelt waren, schon wieder so viele neue Arbeiten erschienen, daß die Autoren es für richtiger hielten, in einer 1932 erschienenen ersten Lieferung des achten Bandes die Elemente Ag bis Cu dem Stande der Forschung anzupassen, ehe der siebente Band fertiggestellt wurde. Diese noch fehlende Ergänzung des siebenten Bandes folgt nun nach. Sie enthält in Fortsetzung der zweiten Lieferung die Spektren der Elemente Illinium, Jod, Kalium, Krypton, Lanthan, Lithium, Lutecium, Masurium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Stickstoff, Natrium, Niobium. Alle Elemente mit chemischen Symbolen, die im Alphabet hinter Nb stehen, sind also in diesem siebenten Bande nicht enthalten. Das erscheint zunächst als ein großes Manko. Es ist es auch zur Zeit, aber es braucht es nicht zu bleiben, wenn es den Autoren gelingt, den achten Band in seiner Entwicklung so zu fördern, daß auch diese im siebenten Bande fehlenden Elemente bald an die Reihe kommen. Dazu scheint berechtigte Aussicht zu bestehen. Denn erstens ist es den Autoren offensichtlich gelungen, in den Assistenten des Bonner Physikalischen Institutes einen Stab von jüngeren Mitarbeitern zu gewinnen, die nunmehr in diese, spezielle Sachkenntnis erfordernde Tätigkeit eingearbeitet sind. Damit darf man hoffen, daß die Arbeit, die nunmehr auf sieben Köpfe verteilt ist, in schnellerem Tempo fortschreitet, vorausgesetzt, daß diese Arbeitsgemeinschaft auch in den kommenden Jahren erhalten bleibt, was alle Spektroskopiker im Interesse des großen Werkes aufs lebhafteste wünschen werden. Zweitens aber kommt der schnelleren Weiterentwicklung des achten Bandes der Umstand zugute, daß die Intensität der spektroskopischen Forschung in der letzten Zeit entschieden nachgelassen hat. Die Spektroskopie steht

nicht mehr so im Vordergrunde des physikalischen Interesses wie in dem ersten Jahrzehnt nach dem Kriege und viele Forscher, die früher Spektroskopie trieben, haben sich heute schon aktuelleren Problemen zugewandt. Ein besonders starkes Abflauen ist bei den Atomspektren zu verspüren, während die Bandenspektren auch heute noch in starker Entwicklung begriffen sind. Jedenfalls aber verläuft die Gesamtentwicklung in ruhigeren Bahnen, es sind z. B. keine umwälzenden Änderungen in den Bezeichnungen mehr zu befürchten wie in früheren Zeiten, so daß die begonnene Arbeit voraussichtlich nach dem nunmehr festgelegten Plane fortgeführt werden kann.

Es mögen nun einige spezielle Angaben über die vorliegende Lieferung folgen. Dieselbe hat einen Umfang von 722 Seiten, so daß der ganze Band VII damit auf 1473 Seiten angewachsen ist. In ihr sind die Zitate von 2850 Originalarbeiten enthalten, von denen die meisten im Text kurz besprochen werden. Mehr als die Hälfte des Umfanges wird von den Tabellen eingenommen, wobei z. B. die Wellenlängentabelle des Molybdänspektrums allein 110 Seiten füllt. Diese Zahlen vermögen natürlich nur ein oberflächliches Bild zu geben von der enormen Arbeit, die hier wiederum von den Autoren und ihren Mitarbeitern geleistet worden ist, noch höher zu bewerten ist aber die Sorgfalt und Genauigkeit, mit der dieses Material verarbeitet worden ist. Der Spektroskopiker kennt dieselbe aus seiner eigenen Erfahrung bei der Benutzung des Handbuches. Er weiß, daß er sich auf seinen Kayser stets verlassen kann.

Welche Elemente in dieser Lieferung behandelt werden, ist bereits gesagt worden. Unter ihnen sind einige für den Spektroskopiker besonders wichtige wie J, K, Mg, Na. Über sie neueste zuverlässige Daten zur Verfügung zu haben, ist sehr nützlich. Die Anordnung des Stoffes ist dieselbe wie in den früheren Bänden. Sie hat sich bewährt, insbesondere haben sich die Benutzer des Handbuches an dieselbe gewöhnt. Ob sie in allen Punkten der zweckmäßigsten und übersichtlichsten, man könnte vielleicht auch noch hinzufügen, sparsamsten Form entspricht, darüber ließe sich sicher streiten. Aber mir scheint das ein müßiger Streit zu sein. Das Handbuch ist in erster Linie für den spektroskopischen Praktiker bestimmt und diesem bietet es in seiner ihm von KAYSER gegebenen Darstellungsweise alles, was er braucht. Für den Theoretiker ist es nur insoweit bestimmt, als es ihm die Beobachtungsdaten in kritischer Sichtung an die Hand gibt. Eine nach theoretischen Gesichtspunkten systematisch geordnete Darstellung kann und will das Handbuch nicht geben. Diesem Zwecke dienen andere Werke.

Auch die Besprechung dieses Bandes möchten wir mit dem Wunsche schließen, daß ihm die weiteren Teile des achten Bandes recht bald folgen mögen.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

Hand- und Jahrbuch der chemischen Physik. Herausgegeben von A. EUCKEN und K. L. WOLF. Band 9, Abschnitt I, **Atomspektren** von H. KUHN, Oxford. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1934. 266 S. und 78 Abbild. 13 cm × 20 cm. Preis brosch. RM 24.50, geb. RM 26.—.

Der vorliegende, 266 Seiten starke Band 9, Abschnitt I vermittelt dem Leser im Rahmen des groß angelegten Hand- und Jahrbuches der chemischen Physik die Kenntnis der Atomspektren. Auch für die physikalische Chemie haben die spektroskopischen Forschungsmethoden in der letzten Zeit mehr und mehr an Bedeutung gewonnen, und wenn auch in dieser Hinsicht die Bandenspektren, die in Abschnitt II des Bandes 9 behandelt werden und hier nicht zu besprechen sind, an vorderster Stelle stehen, so konnten doch auch die Atomspektren keinesfalls übergangen werden, weil sie die Grundlage für das Verständnis der Bandenspektren bilden, und weil sich an ihrer Deutung die Methoden der Quantentheorie entwickelt haben.

Bei der Frage nach der Art der Darstellung des Gebietes der Atomspektren sah sich der Verf. einer Schwierigkeit gegenüber, die auch den Autoren ähnlicher Werke Sorge gemacht hat. Es ist dies die Frage, ob man beim heutigen Stande der Quantentheorie unter völliger Umgehung des BOHRschen Modells lediglich die Quanten- oder Wellenmechanik zur Erklärung der empirisch gefundenen Gesetzmäßigkeiten in den Atomspektren heranziehen soll, oder ob man dem BOHRschen Modell und der älteren BOHRschen Quantentheorie neben der neuen Theorie einen gewissen Platz einräumen soll. Der Verf. hat sich für das letztere entschlossen, und nach Ansicht des Ref. sehr mit Recht und, um ein Gesamturteil vorweg zu nehmen, mit erfreulichem Erfolg. Ich glaube, daß gerade die physikalischen Chemiker, für die dies Werk ja in erster Linie geschrieben ist, dem Verf. Dank wissen werden für die glückhafte Synthese zwischen alter und neuer Theorie, die das charakteristische Merkmal der vom Verf. gewählten Art der Darstellung ist: Es werden die empirisch gefundenen Gesetzmäßigkeiten zunächst an Hand des anschaulichen BOHRschen Modells und dann auf Grund der Wellenmechanik gedeutet. Es wird dabei scharf darauf hingewiesen, in welchen Fällen das BOHRsche Modell noch richtige Resultate ergibt und wo es versagt und durch die wellenmechanischen Vorstellungen zu ersetzen ist.

Da die Quantentheorie in strenger und vollständiger Entwicklung in Band 1 des Handbuches von H. A. KRAMERS gegeben ist, konnte es nicht Aufgabe des Verf. sein, das dort Gesagte im Zusammenhang mit den von ihm zu behandelnden Gesetzmäßigkeiten in den Atomspektren nochmals in extenso zu wiederholen. Andererseits konnte aber auch auf theoretische Darlegungen nicht völlig verzichtet und lediglich auf die Ausführungen in Band 1 verwiesen werden. Kein Leser würde mit einer solchen Darstellung zufrieden sein. Es erwuchs also dem Verf. die Aufgabe, die Theorie in knapper Form in ihren wesentlichen Zügen darzulegen, ohne auf die Einzelheiten der mathematischen Entwicklungen einzugehen. Diese Aufgabe hat der Verf. glänzend gelöst. Es gilt das sowohl für die ältere BOHRsche Theorie wie auch für die viel schwierigere Wellenmechanik. Dem Kenner bereitet es direkt einen Genuß, den klaren und stets das Wesentliche betonenden Ausführungen des Verf. folgend die Ergebnisse der Deutung der Atomspektren an sich vorbeiziehen zu lassen, und der Lernende findet hier die Belehrung in einer Form, die es ihm leicht macht, in die Kenntnis der Atomspektren einzudringen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen mögen einige Angaben über die Einteilung des Stoffes folgen: Der Abschnitt A ist den empirischen Grundlagen gewidmet. Hier werden kurz die spektroskopischen Beobachtungsmethoden und sodann die empirische Systematik der einfachen Spektren behandelt. Abschnitt B bringt dann die theoretischen Grundlagen, und zwar zuerst die BOHRsche korrespondenzmäßige Methode und sodann die Wellenmechanik. Im Abschnitt C folgt die Deutung der Struktur der einzelnen Spektren auf Grund der Theorie. In diesem 140 Seiten langen Abschnitt liegt das Hauptgewicht des ganzen Werkes. Zuerst werden die einfachen Spektren, dann das periodische System und die Röntgenspektren und schließlich die Mehrelektronenspektren behandelt. Der letzte Abschnitt D: Struktur der einzelnen Spektrallinien zerfällt in die

Kapitel: Hyperfeinstruktur, natürliche Breite und äußere Beeinflussung der Spektrallinien. Eine Tabelle der Grundterme und Ionisierungsarbeiten, eine Übersichtstabelle der wichtigsten Quantenzahlen und Auswahlregeln, neuere Literatur, Namensregister und Sachregister bilden den Abschluß.

Diese Stoffeinteilung ermöglicht es, auf alle mit dem Thema zusammenhängenden Fragen mit der Ausführlichkeit einzugehen, die bei dem vorgeschriebenen Gesamtumfang des ganzen Bandes möglich war. Daß dabei manche Einzelheiten weggelassen werden mußten, ist selbstverständlich. Wer diese einsehen will, muß auf die häufig zitierten ausführlicheren Darstellungen des Gebietes zurückgreifen. An einigen Stellen wären aber vielleicht einige Ergänzungen möglich gewesen. Es fehlt z. B. die im praktischen Gebrauch doch sicher sehr nützliche Tabelle für die J-Werte der Terme höherer Multiplizität, die auf S. 175 leicht hätte eingefügt werden können. Auch der Abschnitt über die Spektren der einzelnen Elemente S. 194 u. ff. ist vielleicht etwas zu knapp ausgefallen. Dagegen hätte nach Ansicht des Ref. die von DE BRUIN gegebene Einordnung der Koronalinien in das Termsystem des Sauerstoffs nicht aufgenommen werden sollen, denn sie ist keineswegs sichergestellt und sehr wahrscheinlich nicht richtig.

Das sind kleine Ausstellungen, die den Wert des Gesamtwerkes nicht irgendwie beeinflussen können. Im ganzen betrachtet liegt hier eine ausgezeichnete Darstellung des Gebietes der Atomspektren vor, zu der man sowohl den Verf. wie auch die Herausgeber des Handbuches beglückwünschen kann. Ausstattung und Druck sind vorzüglich. W. GROTRIAN, Potsdam.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Band XII: **Elektrochemie.** II. Teil, herausgegeben von K. FAJANS und E. SCHWARTZ. Elektromotorische Kräfte von C. DRUCKER und C. TUBANDT. Polarisationserscheinungen von R. KREMANN. Elektrochemie der Phasengrenzen von E. LANGE und F. O. KOENIG. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1933. XIX, 483 S. und 103 Abbild. 17 cm × 25 cm. Preis geh. RM 38.—, geb. RM 40.—.

Wie schon bei der Besprechung des ersten Halbbandes, der die Leitfähigkeit und Überführungszahlen in flüssigen und festen Elektrolyten behandelt, betont wurde [Naturwiss. **21**, 837 (1933)], ist es im Interesse der wünschenswerten Förderung der Beziehungen zwischen Physik und physikalischer Chemie sehr zu begrüßen, daß der vollständigen Darstellung der Elektrochemie im Rahmen des Handbuches der Experimentalphysik 2 starke Halbbände zur Verfügung gestellt worden sind.

Der vorliegende zweite Halbband enthält folgende Beiträge: Elektromotorische Kräfte in galvanischen Ketten mit flüssigen (C. DRUCKER, Teil IV, 134 S.) und mit festen Elektrolyten (C. TUBANDT, Teil V, 28 S.), Polarisationserscheinungen von R. KREMANN (Teil VI, 102 S.), Elektrochemie der Phasengrenzen von E. LANGE und F. O. KOENIG (Teil VII, 189 S.).

C. DRUCKER gibt im Teil IV eine recht ausführliche Darstellung der klassischen Grundlagen der elektromotorischen Kräfte in galvanischen Ketten mit flüssigen Elektrolyten. Eine knappere Darstellung hätte die Möglichkeit geboten, die neueren Auffassungen über Elektrolyte, die für die zukünftige Behandlung der Probleme immer wesentlicher werden dürften, ausgiebiger zu berücksichtigen und bei den Meßmethoden nicht nur die einfachsten Grundlagen zu bringen. Gerade in einem Handbuch der Experimentalphysik wäre es am Platze gewesen, eine ausführliche und kritische Behandlung der Meßmethoden durchzuführen, wie es in den übrigen Beiträgen auch geschehen ist. Die Herausgeber bemerken im Vorwort, daß sich in bezug auf die Behandlung dieses Abschnittes nicht in allen Punkten Übereinstimmung zwischen Herausgebern und Autor habe erzielen lassen.

Im folgenden Teil V gibt C. TUBANDT in dankenswerter Weise zum erstenmal eine zwar knappe, aber doch vollständige zusammenfassende Darstellung der elektromotorischen Kräfte von galvanischen Ketten mit festen Elektrolyten, deren Kenntnis und Verständnis durch die Arbeiten von H. REINHOLD und seinen Mitarbeitern im Laboratorium des Verfassers wesentlich gefördert worden ist.

Während die beiden eben besprochenen Teile das galvanische Element ohne Stromdurchgang behandeln, gibt R. KREMANN im VI. Teil einen Überblick über die Polarisationserscheinungen und die Erscheinungen der Passivität, die an galvanischen Elementen bei Stromdurchgang auftreten. Der Artikel berichtet im wesentlichen in Form eines Referates über die zahlreichen vorliegenden experimentellen Ergebnisse und die voneinander abweichenden theoretischen Auffassungen, ohne daß der Referent von sich aus zu den einzelnen Ansichten kritisch Stellung genommen hätte.

Mit vollstem Rechte haben die Herausgeber für den Teil VII des Bandes einen erheblichen Raum zur Verfügung gestellt. Die hier behandelte Elektrochemie der Phasengrenzen, d. h. die Ausbildung von elektrischen Potentialdifferenzen zwischen zwei aneinander grenzenden Phasen, bildet die Grundlage für das tiefere Verständnis fast aller in den übrigen Teilen des Bandes behandelten Erscheinungen. Es ist den Verfassern gelungen, eine ganz ausgezeichnete Darstellung dieser zum Teil recht schwierigen Fragen zu geben, die die allgemeinen Gesichtspunkte und Zusammenhänge in den Vordergrund stellt und klar herausarbeitet und sich durch eigene kritische Stellungnahme und Aufzeigung der noch offenen Probleme auszeichnet. Die Darstellung der Theorie ist durch Zeichnungen belebt, die Meßmethoden und die Ergebnisse der Messungen sind kritisch gewertet. Dieser Teil muß als der gelungenste und wertvollste des ganzen Bandes bezeichnet werden.

Die ersten 4 Kapitel sind von E. LANGE verfaßt und enthalten: Allgemeine Thermodynamik der Phasengrenzpotentiale, Voltapotentiale an elektrochemischen Zweiphasensystemen (mitbearbeitet von M. ANDAUER), Peltierwärmen an elektrochemischen Zweiphasengrenzen (mitbearbeitet von J. MONHEIM), Die Adsorption potentialbestimmender Ionen (teilweise mitbearbeitet von M. ANDAUER). Die Kapitel 5 und 6 sind von F. O. KOENIG verfaßt und beschäftigen sich mit der Elektrokapillarkurve und den elektrokinetischen Erscheinungen.

Im ganzen muß auch dieser Halbband als wohlgelungen bezeichnet werden, so daß zu hoffen ist, daß das ganze Werk nicht nur zur Einarbeitung in dieses Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie bzw. physikalischer Chemie benutzt wird, sondern auch die Inangriffnahme neuer Probleme, die in den einzelnen Beiträgen aufgezeigt worden sind, fördert. Druck und Ausstattung sind vorzüglich; ein umfangreiches Namen- und Sachregister erhöht die Brauchbarkeit des Werkes.
W. ORTHMANN, Berlin.

JOOS, G., **Lehrbuch der theoretischen Physik.** Zweite Auflage. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1934. XVI, 676 Seiten und 164 Abbild. 15 cm × 23 cm. Preis geh. RM 22.—, geb. RM 24.—.

Schon nach zwei Jahren erscheint dies Buch in zweiter Auflage — ein erstaunlicher Erfolg! Er muß noch höher eingeschätzt werden, wenn man bedenkt,

daß der Zeitpunkt des Erscheinens dieser zweiten Auflage in eine Periode fällt, in welcher die äußeren Bedingungen der Versenkung in theoretisch-physikalische Studien nicht eben günstig sind.

Der Erfolg des Werkes demonstriert eindrucksvoller, als es einer noch so ausführlichen Besprechung möglich wäre, daß seine Abfassung einem wirklichen Bedürfnis entsprach, und daß es in Anlage und Durchführung die gestellte Aufgabe in ausgezeichneter Weise erfüllt. Das Gesamtgebiet der *theoretischen Physik* — d. h. also der zu klarer begrifflicher und mathematischer Durcharbeitung gelangten Ergebnisse der physikalischen Forschung — ist heute so umfangreich, daß vor dem Erscheinen des Joosschen Buches wohl die meisten Fachgenossen geneigt gewesen wären, eine Gesamtdarstellung dieser Wissenschaft in einem einzigen Bande mäßigen Umfangs für kaum möglich zu halten — jedenfalls dann, wenn eine Darstellung von wirklich brauchbarer und nutzbringender *Gründlichkeit* gegeben werden sollte. Der Verfasser aber hat es fertig gebracht, diese kaum lösbar scheinende Aufgabe erfolgreich zu lösen; und der äußere Erfolg zeigt deutlich, wie dankbar seine Arbeit aufgenommen worden ist.

Ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis läßt bereits mit Staunen erkennen, welche Fülle von Stoff in dem Werke konzentriert ist: Es fehlt weder eine den Anfangsbedürfnissen des Studierenden entgegenkommende gründliche Behandlung der *mathematischen Hilfsmittel* (Vektorrechnung; Wellenlehre; Elemente der Funktionentheorie und der Variationsrechnung), noch ein (in der zweiten Auflage hinzugekommenes) von den modernsten Dingen handelndes Kapitel über *Kernphysik*. Die *Relativitätstheorie* findet in vollem Maße die Beachtung, die ihr als einem der wichtigsten Teile unserer Wissenschaft gebührt: In dem der *Mechanik* gewidmeten zweiten Buche beschäftigt sich ein ausführliches Kapitel mit der *Relativitätsmechanik*; und nachdem das dritte und vierte Buch die *Kontinuumstheorie der elektromagnetischen und optischen Erscheinungen* und die *Atomistik der elektrischen Erscheinungen* behandelt haben, wird in einem das vierte Buch beschließenden Kapitel die *Elektrodynamik bewegter Körper* in ihrer Beziehung zur Relativitätstheorie betrachtet. Aber gegenüber den mehr „theoretischen" Problemen und Gebieten kommen auch praktisch so wichtige Dinge wie *Hydro- und Aeromechanik* zu gründlicher Darstellung. Nachdem das fünfte Buch den *phänomenologischen Teil* der *Theorie der Wärme* vorgetragen hat, bietet sich im sechsten Buche, das dem *statistischen Teil* der Wärmetheorie gewidmet ist, bereits Gelegenheit, auf die *Quanteneffekte* einzugehen. Das siebente Buch bringt dann den *Aufbau der Atome und Molekeln und die Theorie der Spektren*.

Der ersten Auflage gegenüber bringt die neue Auflage außer dem schon erwähnten neuen Kapitel über Kernphysik (in dem auch Dinge wie Neutron, Positron und Deuton schon behandelt werden) auch die neu aufgenommene Theorie des magnetokalorischen Effektes, der für die Erzeugung tiefster Temperaturen praktische Bedeutung gewonnen hat. Bei einer Vermehrung des Umfanges um mehr als 30 Seiten (und der Abbildungen um sieben) konnte doch noch gleichzeitig eine Preisermäßigung durchgeführt werden.

Die Darstellungsweise des Buches, die im Zuge der erstrebten Konzentration eines ungemein reichhaltigen und vielseitigen Stoffes in denkbar engstem Volum naturgemäß eine — an die Mitarbeit des Lesers gewisse Ansprüche stellende — Knappheit zeigen muß, hat offensichtlich den wohlverdienten Beifall der Leserschaft gefunden.

Wie in der ersten Auflage, so wird das Buch sicherlich auch in der zweiten sich als ein sehr nützliches und förderndes Hilfsmittel theoretisch-physikalischer Studien erweisen, und dadurch, daß es unserer Wissenschaft Freunde gewinnt, selbst beitragen zur Stärkung derjenigen *Entwicklungstendenz*, welcher das Buch, neben seinen eigenen vorzüglichen Eigenschaften, wohl auch einen erheblichen Teil seines Erfolges verdankt: Die Bedeutung und Verbreitung theoretisch-physikalischer Studien *nimmt zu*. Je größer und reichhaltiger die Beobachtungsergebnisse der experimentellen Physik werden, desto dringender wird das Bedürfnis der übersichtlichen Ordnung und Deutung der empirischen Resultate durch die theoretische und mathematische Analyse; und je mehr die moderne Technik auf allen Gebieten zur äußersten *Präzisionsarbeit* strebt, desto notwendiger wird auch für den Techniker die exakte theoretische Schulung.

P. Jordan, Rostock.

Technische Mitteilungen.

Neue Wege der Eisengewinnung. Da die zur Zeit betriebenen deutschen Eisenerzgruben noch nicht ein Drittel unseres Bedarfes an Roheisen decken können, ist die Erschließung neuer Fördergebiete eine dringende Notwendigkeit. Die noch nicht genützten Erzvorkommen Deutschlands sind beträchtlich, doch stand ihrer wirtschaftlichen Verwertung bisher ihr niedriger Eisengehalt im Wege. Nach Mitteilungen aus den Versuchsanstalten der Friedr. Krupp Grusonwerk A.-G. ist es im Laufe der letzten Jahre gelungen, im sog. „Krupp-Rennverfahren" auch solche ärmeren Erze günstig zu verarbeiten. Das Verfahren beruht darauf, daß in einem Drehrohrofen, dem „Rennofen", der Eisenanteil der Erze durch zugemischten Brennstoff reduziert wird, so daß die Eisenoxyde in metallisches Eisen übergehen, das in Gestalt von Luppen am Austragende dem Ofen entnommen wird. Die Luppen können sowohl im Hochofen auf Roheisen wie auch im Stahlwerk auf Stahl weiterverarbeitet werden. Erze mit mehr als 25% Eisengehalt lassen sich auf diese Weise vorteilhaft nutzen; sie werden vor Aufgabe in den Rennofen zerkleinert und mit feinkörnigem Brennstoff wie Feinkohle, Koksabrieb oder Grudekoks vermischt, wobei auf 100 Teile Erz etwa 30 Teile Brennstoff kommen. Das auf 10 mm zerkleinerte Gemisch durchwandert den sich drehenden Rennofen, an dessen Ende die in Schlacke eingebetteten Luppen ausgetragen werden. Nach anschließender Zerkleinerung und Absiebung gehen die metallischen Teilchen unter 1 mm Korngröße, nachdem sie durch einen Magnetscheider von der Schlacke getrennt sind, zugleich mit dem an der Ofenaufgabe abgesaugten Flugstaub zum Mischer zurück, um den Ofen nochmals zu durchlaufen.

Nach Mitteilungen Johannsens über die Versuchsergebnisse an zwei im Grusonwerk betriebenen Drehrohröfen lassen sich von dem im Erz enthaltenen Eisen 90—96% in Luppen gewinnen, die 97—99% Eisen und 0,5—1,5% Kohlenstoff enthalten. Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen naßmechanischer Erzaufbereitung einerseits und des Rennverfahrens andererseits fiel durchaus zugunsten des Rennverfahrens aus, sowohl bezüglich des Eisenausbringens im Roheisen wie auch der Kosten des Verfahrens. Bei der Verarbeitung des gleichen deutschen Erzes mit 34,3% Fe betrug das Eisenausbringen im Roheisen im ersten Falle 63,6% des Eisengehaltes des Erzes, im zweiten Falle jedoch 94%. Die Kosten beliefen sich bei der Aufbereitung auf 57,50 RM., beim Rennverfahren auf

38,48 RM. je Tonne Roheisen. Diese beträchtliche Ersparnis um fast ein Drittel erklärt sich u. a. aus dem verhältnismäßig geringen Bedarf an Brennstoff und an Kalksteinzuschlag sowie der niedrigen Betriebskosten des Hochofens beim Umschmelzen der Luppen. Demnach eröffnet das neue Verfahren recht günstige Aussichten für die Verarbeitung armer Erze, wie sie vor allem im Salzgitter-Höhenzug bei Goslar, im Wesergebiet, im Harz, in Thüringen und in Süddeutschland zur Verfügung stehen. Die Lebensdauer dieser Lager wird — bei Zugrundelegung einer Jahresförderung von 15 Mill. t Erz (= 5 Mill. t Eisen) — auf 100—200 Jahre geschätzt.

In diesem Zusammenhang sind neuere Vorschläge von Interesse, die für den Hochofenbetrieb selbst eine teilweise Wiederbelebung des früheren Holzkohlenbetriebes empfehlen. Die Vorteile dieses, vor einem Jahrhundert ausschließlich angewendeten, dann aber aus Wirtschaftlichkeitsgründen immer mehr verlassenen Verfahrens liegen in der hohen Güte des Holzkohlen-Roheisens. Sie kommt in besonderem Maße den gesteigerten Anforderungen entgegen, die heute vielfach an Gußstücke in bezug auf Rostsicherheit, Säurebeständigkeit, Temperaturwechsel, Bearbeitbarkeit u. a. gestellt werden. Aus diesem Grunde befürwortet Prof. Osann in den RTA.-Nachr. **1934**, Nr 46 lebhaft die Ergänzung der Kokshochöfen durch einzelne Kleinbetriebe, in denen die Verfahren der alten Holzkohlen-Hochöfen und Waldhütten wieder aufgegriffen würden. Damit wäre nicht nur die Möglichkeit gegeben, der deutschen Industrie für bestimmte Zwecke aus eigenen Mitteln das hochwertige Holzkohlen-Roheisen wieder zur Verfügung zu stellen, es würde zugleich damit auch die Kunstgußtechnik neu belebt und ferner ein geeignetes Verwendungsgebiet für sonst unverwertbare Knüppelhölzer erschlossen werden.

In ähnlicher Richtung liegen Versuche, Holzkoks für metallurgische Zwecke nutzbar zu machen, worüber an gleicher Stelle E. H. Klein berichtet. Danach werden auf Grund eines Verfahrens von Dr. Ružička zur Zeit Versuche durchgeführt, aus verschiedensten Abfallhölzern hergestellte Holzkohle durch Mahlen und anschließendes Pressen unter Zusatz eines beim Destillieren gewonnenen Bindemittels zu Preßlingen zu verarbeiten. Diese werden auf rd. 900—1100° erhitzt und dadurch unter Beibehaltung ihrer Form in Holzkoks von guter Widerstandsfähigkeit übergeführt. Die gegenwärtig eingeleiteten Großversuche werden klären, ob das Verfahren in wirtschaftlicher Hinsicht befriedigende Ergebnisse liefert. Lg.

Ein Prüfhaus zur Untersuchung der Luftbeschaffenheit (Air conditioning). (Elliot Harrington und Leon A. Mears. General Electric Review **37**, Nr 3 (März 1934).] Das Prüfhaus des General Electric Air Conditioning Institute ist in Schenactady, New York, errichtet worden zu dem Zweck, die Apparate zu prüfen, die zur Heizung und zur Luftverbesserung dienen, sowie vor allem, um gründliche Messungen über die Wirkungen dieser Apparate auf die Luftbeschaffenheit auszuführen. Das Haus enthält alle möglichen Arten von Räumen, bewohnte und unbewohnte, Zimmer, die vom Fußboden aus elektrisch geheizt werden können und ungeheizte, solche, die eine Gasanlage besitzen usf. Es wird zunächst der Wärmeverlust und -gewinn für jeden Raum und dann die Summe für das ganze Haus berechnet bzw. geschätzt, unter bestimmten Annahmen für die Außen-, Innentemperatur und die Feuchtigkeit. Es folgt dann eine sehr genaue Beschreibung der technischen Einrichtungen und der Gesamtausrüstung, wie der Heizöfen, Kühlvorrichtungen, Ventilatoren, Befeuchtungsanlagen mit den dabei benutzten Meßvorrichtungen, wie Thermostaten und Humidistaten. Auf diese technischen Einzelheiten kann ich als Nichtfachmann hier nicht eingehen.

Die Temperaturmessungen und Registrierungen erfolgten mit mehr als 100 Thermosäulen, die in allen Räumen, zum Teil in verschiedenen Höhen, sowie in Fluren, Dachräumen, Kellern, teilweise auch außerhalb des Hauses angebracht waren. Ähnlich wurde die Feuchtigkeit an vielen Stellen gemessen. Da sie gleichmäßiger als die Temperatur ist, reichte eine kleinere Zahl von Meßstellen aus, die aber sorgfältig mit Schleuder-Psychrometern geeicht wurden. Die Geschwindigkeit der zugeführten Luft wurde mit empfindlichen Heizdraht-Anemometern gemessen. Ferner ist die Luft mit Staubzählern auf ihren Staubgehalt untersucht worden, und durch Filterversuche wurden die Verunreinigungen, sowie die Größe der in der Luft suspendierten Teilchen gemessen. Schließlich ist noch ein registrierender Ionenzähler in der Bibliothek des Prüfhauses aufgestellt worden.

Es werden zunächst nur die *Meßergebnisse* von 4 Einzeluntersuchungen mitgeteilt, während 30 geplant sind, die sich über mehr als zwei Jahre erstrecken sollen. Die Ergebnisse beziehen sich in erster Linie auf den Material- und Stromverbrauch, sowie auf die Betriebskosten. Hier seien nur einige Zahlen mitgeteilt, die auf das Klima im Zimmer einiges Licht werfen. Bei Wintermessungen, die vom 15. November bis 15. Dezember 1933 angestellt wurden, wurde bei elektrischer Heizung (air conditioning) ein Staubgehalt von im Mittel 30 Teilchen pro Kubikzentimeter im Zimmer gefunden, während in der Außenluft 50 Teilchen gemessen wurden. Die mikroskopische Untersuchung der im Filter abgefangenen Staubteilchen zeigte, daß sie außerordentlich fein waren. Sie hatten vielfach nur einen Durchmesser von $1\,\mu = 0{,}001$ mm. Die elektrische Heizung hat also den Vorzug, daß bei ihr der Staubgehalt der Luft wesentlich geringer ist als bei Dampfheizung, so daß statt täglich nur etwa alle 3 Tage Staub gewischt zu werden braucht. Dabei sind auch Temperatur und Feuchtigkeit im Zimmer leicht zu regulieren. Ein Nachteil liegt in den höheren Kosten gegenüber der Dampfheizung. Interessant sind die Temperaturunterschiede der Luft nahe dem Fußboden und der nahe der Zimmerdecke. Es wurden nahe dem Fußboden und unter der Decke empfindliche Thermosäulen von kleiner Masse aufgestellt, die den Temperaturschwankungen rasch folgen konnten. Wieder wurden Dampf- und elektrische Heizung verglichen. Es zeigte sich, daß die Temperaturgegensätze bei Dampfheizung stets viel größer waren. Auch wenn man die Temperaturen bei elektrischer Heizung mit denen im kalten ungeheizten Raum verglich, ergaben sich bei elektrischer Heizung kleinere Temperaturunterschiede zwischen Fußboden und Decke. Der größte Unterschied zwischen der Luft nahe dem Fußboden und nahe der Decke war bei normaler elektrischer Heizung in einem Wohnzimmer $3^1/_2°$, in einem bewohnten Schlafzimmer 6°, bei Dampfheizung $4^1/_2°$ und 10°, in ungeheizten Zimmer stieg der Unterschied bis auf 8°. Im Sommer betrug dagegen die höchste Temperaturdifferenz nur etwa $2^3/_4°$; im Sommer sind also die Temperaturunterschiede viel geringer. Die eigentlichen Sommermessungen sollen aber erst im Sommer 1934 vorgenommen werden.

K. Kähler.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. Dr. Arnold Berliner, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.